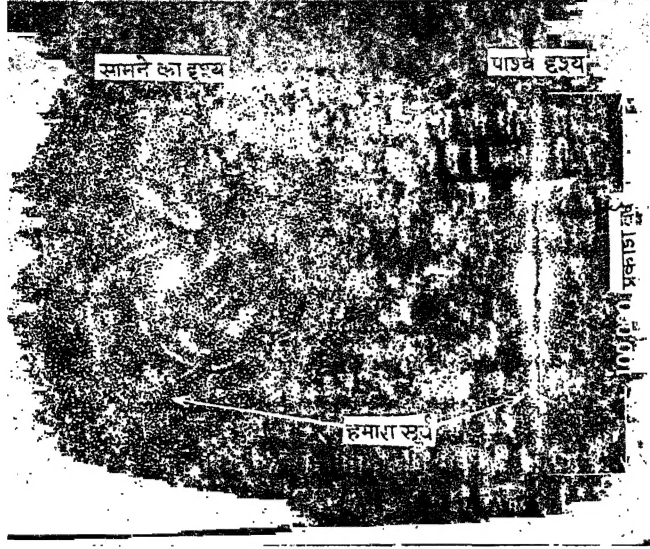


खोज करके पता लगाया है कि सृष्टि विभिन्न गैसों तथा ठोस पदार्थों के मिश्रण से बनी है। सृष्टि में ऐसे 108 मौलिक तत्व (Elements) हैं जिनकी खोज हो चुकी है। वैज्ञानिकों ने इन मौलिक तत्वों को भी टुकड़े कर इनकी रचना को समझने की चेष्टा की है। ये मौलिक तत्व भिन्न-भिन्न परमाणुओं से बने हैं। परमाणु पदार्थ के उस कल्पनानीत छोटे भाग को कहते हैं जिसके फिर टुकड़े नहीं हो सकें। किन्तु वैज्ञानिकों ने परमाणु के भी टुकड़े कर डाले और तब एक नवीन रहस्य का

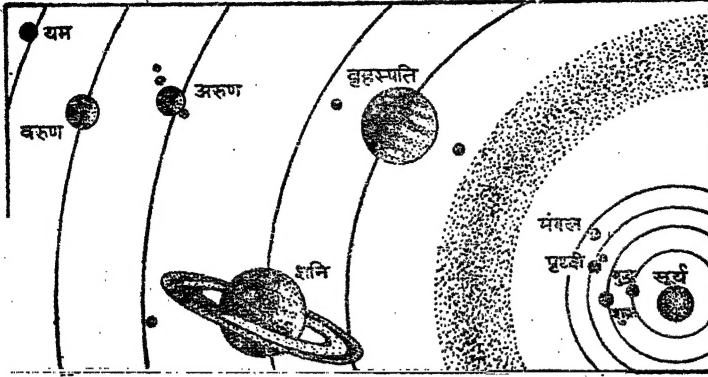


चित्र 5—आकाश-गंगा में सूर्य की स्थिति

पता चला। परमाणु में बड़ी भारी विद्युत-शक्ति निहित होती है जो उसे तोड़ने पर प्राप्त होती है। जिस प्रकार विद्युत में धनात्मक (Positive) और ऋणात्मक (Negative) दो तत्व होते हैं उसी प्रकार प्रत्येक परमाणु में भी दो तत्व होते हैं। एक धनात्मक नाभिकण (Proton) और दूसरे विद्युतकण (Electron) होते हैं। इनमें नाभिकण केन्द्र में बड़े वेग से घूमते हुए विद्युत कणों को सतत अपनी ओर आकर्षित करते रहते हैं। इस प्रकार प्रत्येक परमाणु अपने आप में एक-एक ब्रह्माण्ड है। जिस प्रकार असीम अन्तरिक्ष में अरबों-खरबों सूर्य ग्रहों, उपग्रहों को अपनी ओर आकर्षित करते हुए ब्रह्माण्ड में चक्कर लगा रहे हैं उसी प्रकार सूक्ष्म सृष्टि में ये नाभिकण विद्युत कणों को आकर्षित करते हुए सतत चक्कर काट रहे हैं।

उपरोक्त विश्लेषण के बाद अब यह स्पष्ट है कि अन्तरिक्ष या अखिल विश्व या सृष्टि अथवा यूनीवर्स किसी एक वस्तु का नाम नहीं है अपितु जो कुछ भी स्थूल अथवा सूक्ष्म पदार्थ इस विराट् शून्य में हमें दृष्टिगोचर होते हैं उन सबके समुच्चय को ही सृष्टि अथवा अन्तरिक्ष की संज्ञा दी गयी है। वस्तुतः यह सृष्टि बड़ी अचरज भरी है। इसको पूरी तरह समझ पाना मानव बुद्धि के परे की बात है फिर भी आज से हजारों वर्ष पूर्व ऋग्वेद के दृष्टा ऋषियों ने सृष्टि के सम्बन्ध में यह कहकर कि 'अरगोर रणीयान महतो महीयान' अर्थात् सृष्टि विशाल से विशाल और सूक्ष्म से सूक्ष्म है, रहस्य का उद्घाटन कर दिया था। इसके आगे आज के मानव भी कुछ कह सकने में असमर्थ है। वैज्ञानिकों ने इस सृष्टि में दूर तक झाँकने की चेष्टा की है किन्तु इसका ओर-छोर बताने में कोई समर्थ नहीं हो सका है। वस्तुतः यह सृष्टि अनादि है, असीम है और अनन्त है।

है उसे हम अपना सौर मण्डल कहते हैं। इस सौर मण्डल में पृथ्वी सहित नौ ग्रह हैं, ग्रहों के कई उपग्रह हैं, हजारों क्षुद्रग्रह हैं, असंख्य उल्काएँ हैं तथा अनेक पुच्छलतारे और नीहारिकाएँ हैं। गुस्त्वा-

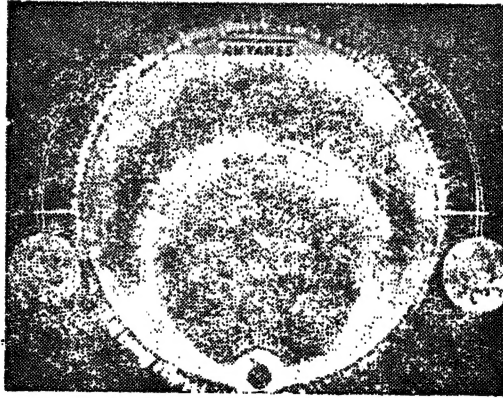


चित्र 6—सौर मण्डल के ग्रहों का तुलनात्मक आकार और उनकी दूरी

कर्षण शक्ति के कारण ये सब अपने परिवार से बंधे हुए हैं। सूर्य इन सबका केन्द्र है। ये सब सूर्य के चारों ओर परिक्रमा लगाते हैं। इस प्रकार सूर्य और उसके ग्रहों, उपग्रहों, क्षुद्रग्रहों, उल्काओं, पुच्छलतारों और नीहारिकाओं के परिवार को ही सौर मण्डल कहा जाता है। इस सौर मण्डल का संक्षिप्त परिचय निम्न प्रकार है :

सूर्य (Sun)

सूर्य एक विशालकाय प्रज्वलित तारा है। सूर्य कितना बड़ा है इसका पूर्ण रूप से अनुमान करना बड़ा कठिन है। गणितज्ञों का कहना है कि सूर्य पृथ्वी के वजन से 3,30,000 गुना अधिक है। सूर्य के समस्त ग्रह-उपग्रह उसके अन्दर भर दिये जाएँ तो भी सब मिलकर इस महान पिण्ड का 1/100वाँ भाग ही भर सकेंगे। इस महान पिण्ड के सामने पृथ्वी का पिण्ड तो नहीं के बराबर है। सम्पूर्ण पृथ्वी सूर्य के 13 लाखवें भाग के बराबर है। सूर्य का व्यास लगभग 14,00,000 किलोमीटर है जो पृथ्वी के व्यास से 109 गुना ज्यादा बड़ा है। अर्थात् अगर ऐसी ही एक सौ नौ पृथ्वियाँ रखी जाएँ तो सूर्य के एक सिरे से दूसरे सिरे तक आ जाएँ। परन्तु सूर्य इतना ठोस नहीं है जितनी कि पृथ्वी। इसका संगठन अधिकतर वाष्पीय है इसलिए इसकी सघनता पृथ्वी की सघनता की एक-चौथाई है। अतः सूर्य की तोल हमारी पृथ्वी से 13 लाख गुनी न होकर केवल 3 लाख 30 हजार गुनी है। यदि सूर्य पृथ्वी की भाँति ठोस होता

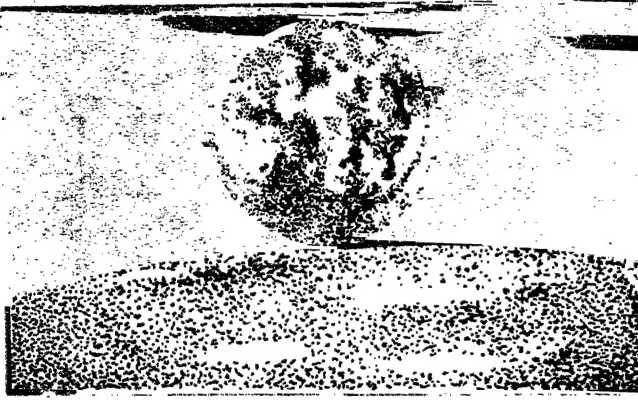


चित्र 7—सूर्य का तुलनात्मक आकार

तो इसका आकार वर्तमान आकार का केवल एक-चौथाई भाग मात्र रहता। यह जानकर आश्चर्य होगा कि 2 अंक पर 27 शून्य रखने पर जितने टन होते हैं, उतना सूर्य का वजन है। अपने महान आकार के कारण सूर्य की आकर्षण शक्ति पृथ्वी की आकर्षण शक्ति से 28 गुनी अधिक है। पृथ्वी

कक्षा छोटी है। इसका एक वर्ष 225 वर्ष के बराबर होता है और इसका दिन 23 घण्टे 21 मिनट का। पृथ्वी की तरह शुक्र पर भी वायुमण्डल है, इसमें बादल भी उठते हैं जिसके कारण उस पर कभी-कभी हल्के रंग के भूध्वे दिखाई पड़ते हैं। शुक्र का कोई उपग्रह नहीं है।

(3) पृथ्वी (Earth)—इसकी उत्पत्ति सूर्य से हुई है। अतः यह सौर-परिवार का ही अंग है। यह सूर्य के नौ ग्रहों में से एक है। इसकी आकृति गोलाकार है। अन्य ग्रहों के समान इसकी भी एक अण्डाकार कक्षा (Orbit) है जिस पर यह घूमती है। अपनी कक्षा पर घूमते हुए यह सूर्य का एक वर्ष में चक्कर लगाती है। कक्षा पर आगे बढ़ने के साथ-साथ यह अपनी धुरी पर भी घूमती है। धुरी पर घूमने में इसको एक दिन लगता है। इसका दिन 24 घण्टे का और वर्ष 365 दिन का होता है। पृथ्वी का व्यास 12,872 किलोमीटर है। व्यास की दृष्टि से बृहस्पति पृथ्वी से 11 गुना, शनि 9 गुना, अरुण 4 गुना, शुक्र लगभग समान और बुध आधा है। यदि सूर्य



चित्र 10—अन्तरिक्ष में हमारी पृथ्वी

को हम एक बड़ी नारंगी मान लें तो पृथ्वी आलपिन के सिर के बराबर ठहरेगी। अनुमान है कि पृथ्वी की तोल 5,920 शंख क्विण्टल है। यदि पृथ्वी का वजन 1 किग्रा मान लिया जाय तो उस अनुपात से सूर्य का वजन 2,960 क्विण्टल होगा। इसी पैमाने से बृहस्पति 275 क्विण्टल, शनि 77.45 किलोग्राम, शुक्र 758 ग्राम, मंगल 87 ग्राम, बुध 525 ग्राम और चन्द्रमा 12 ग्राम का होगा। पृथ्वी की रचना सूर्य से अलग होकर पदार्थ के धीरे-धीरे ठण्ड होने से हुई है। फलस्वरूप इसमें स्वयं में कोई प्रकाश नहीं है। यह प्रकाश और गर्मी सूर्य से ही प्राप्त करती है। पृथ्वी की सबसे बड़ी विशेषता इसका वायुमण्डल है जो मंगल को छोड़कर अन्य ग्रहों पर नहीं है। सौर-परिवार के ग्रहों में पृथ्वी को छोड़कर अन्यत्र कहीं भी ऐसा उन्नत जीवन सम्भवतः नहीं है।

(4) मंगल (Mars)—यह दहकते हुए अंगारे के समान लाल चमकता हुआ दिखाई देता है। सूर्य से इसकी दूरी 2268.63 लाख किलोमीटर है। मंगल एक छोटा ग्रह है। इसका व्यास केवल 7014 किलोमीटर है जो चन्द्रमा से दुगुना है। यह अपनी कक्षा पर 68.7 दिनों में घूम जाता है, अतः यहाँ का एक वर्ष हमारे 2 वर्ष 22 दिन के बराबर होता है और इसका दिन 24½ घण्टे का। मंगल पृथ्वी के 9वें भाग के बराबर है, अतः उसकी आकर्षण शक्ति पृथ्वी की अपेक्षा केवल एक-तिहाई ही है।

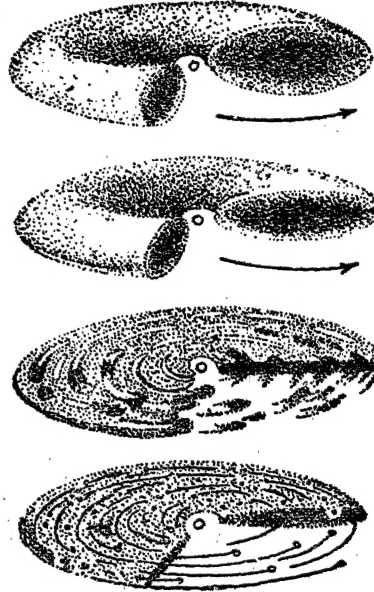
दूरबीन से देखने से ज्ञात हुआ है कि मंगल पर घरातल है। उस पर वायुमण्डल भी है। मंगल की सतह का अधिकांश भाग लाल दिखाई देता है। ज्योतिषियों का कहना है कि यह मरुभूमि है जो लाल दिखाई देती है। इस मरुभूमि प्रदेश में कहीं-कहीं हरी-हरी घाटियाँ दिखाई पड़ती हैं।

- (2) इसके द्वारा ग्रहों और उपग्रहों में गति का उत्पन्न होना भी सिद्ध नहीं होता ।
- (3) ग्रहों और उपग्रहों का बनना वैज्ञानिक दृष्टि से सत्य सिद्ध नहीं हुआ है ।
- (4) कई आलोचक इस साध्य को काल्पनिक ही मानते हैं ।
- (5) यह साध्य अभी अपूर्ण है ।

ओटो शिमिड की परिकल्पना (Hypothesis of Otto Schmidt)

प्रसिद्ध रूसी विद्वान ओटो शिमिड ने सन् 1943 में काण्ट एवं लाप्लास के विचारों को आधार मानकर सौरमण्डल की उत्पत्ति के सम्बन्ध में एक नवीन मत का प्रतिपादन किया । शिमिड ने गैस एवं धूल-कणों को सौरमण्डल की उत्पत्ति का आधार मानकर अपनी परिकल्पना को चार भाषणों में प्रकट किया । बी० लेविन ने इसका संक्षिप्त वर्णन अपनी पुस्तक 'The Origin of the Earth and Planets' में किया है ।

शिमिड का कहना है कि ब्रह्माण्ड में पर्याप्त मात्रा में धूल-कण एवं गैसीय पदार्थों के पुंज बिखरे हुए देखे जाते हैं । धूल एवं गैस के ये धुंधले मेघ बहुत सम्भव है उल्काओं से बने हों अथवा तारों से निःसृत परमाणुओं के घनीभूत हो जाने से बने हों । शिमिड की मान्यता है कि प्रारम्भ में जब सूर्य आकाश-गंगा के गुरुत्वाकर्षण केन्द्र के समीप होकर गुजर रहा था तो उसने कुछ गैस एवं धूल-कण अपनी ओर आकर्षित कर लिये । गैस एवं धूल-कणों का यह मेघ आवरण बाद में सूर्य की परिक्रमा लगाने लगा । प्रारम्भ में इस मेघ के भिन्न-भिन्न आकार के कण एक झुण्ड के रूप में सूर्य का चक्कर अव्यवस्थित रूप से लगा रहे थे । इनके मार्ग भी पृथक्-पृथक् और अनिश्चित थे ।



चित्र 28—कणों के संगठित होने से ग्रहाणुओं का निर्माण

गैस धूल-पुंज में गैस हल्की और अल्प मात्रा में थी और धूल कण अधिक मात्रा में और भारी थे । इस कारण धूल-कणों की अव्यवस्थित गतियाँ गैस कणों से कम थीं । फलस्वरूप धूल-कण मेघ के केन्द्रीय तल के निकट एकत्रित होते गये और घनीभूत होकर उन्होंने एक विशाल चपटी तश्तरी का रूप धारण कर लिया । गैस के कण प्रत्यास्थ (Elastic) रूप से टकराते हैं अतः उनकी गति मन्द नहीं होने पाती और वे घनीभूत नहीं हो पाते । इसके विपरीत धूल के कण अप्रत्यास्थ (Non-Elastic) रूप से टकराते हैं जिससे उनकी गति मन्द पड़ जाती है और वे संगठित होने लगते हैं । संगठित होने पर धूल-कण प्रथम अवस्था में ग्रहों के भ्रूण रूप (Embryos) बने और बाद में परिपक्व होकर क्षुद्रग्रहों (Asteroids) का रूप धारण कर लिया । ये क्षुद्रग्रह उस धूल की तश्तरी में उसकी दिशा के अनुरूप परिक्रमा लगाने लगे । सूर्य की परिक्रमा लगाते हुए इन क्षुद्रग्रहों ने बिखरे हुए पदार्थों को आकर्षित कर आत्मसात कर लिया, जिससे ये क्रमशः बड़े होते गये और ग्रह बन गये । ग्रहों के निर्माण के उपरान्त भी काफी पदार्थ अपरिपक्व अवस्था में शेष था । यह पदार्थ ग्रह के समीप होने से उनकी परिक्रमा लगाने लगा । कालान्तर में वह घनीभूत होकर उपग्रहों में परिवर्तित हो गया ।

कोयला, सोना, लोहा एवं पेट्रोलियम तथा यूरोप में लोहा और ताँबे के भण्डार पाये गये हैं। इस कल्प के अन्तिम चरण में भू-पटल पर जल तथा स्थल के वितरण और जलवायु में बड़ा भारी परिवर्तन हुआ, जिससे पृथ्वी पर जीवों की प्राचीन जातियाँ विलीन हो गयीं और उनके स्थान पर नवीन जीवों का उद्भव हुआ। इस महाकल्प के दो भाग हैं—(क) प्राचीन पुराजीव महाकल्प, और (ख) नवीन पुराजीव महाकल्प।

(क) प्राचीन पुराजीव महाकल्प—इस महाकल्प के अन्तर्गत कैम्ब्रियन, ओर्डोविसियन और सिल्यूरियन कल्प सम्मिलित हैं।

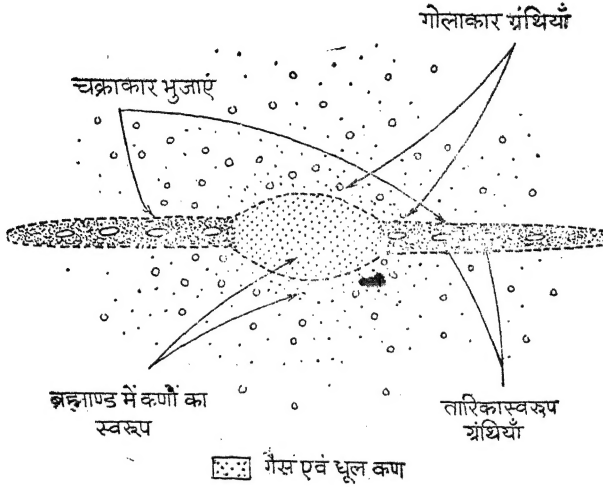


चित्र 34—प्राचीन पुराजीव महाकल्प का जीवन

कैम्ब्रियन कल्प (Cambrian Period)—यह कल्प करीब 10 करोड़ वर्ष लम्बा था जो 50 करोड़ वर्ष पूर्व से प्रारम्भ होकर 40 करोड़ वर्ष पूर्व तक रहा। भू-गर्भवेत्ताओं के अनुसार उषः महाकल्प में पृथ्वी के जन्म के बाद महाद्वीप और महासागरों का आविर्भाव हुआ। भू-पटल की गतियों से स्थल भागों पर पर्वतों का निर्माण हुआ। कालान्तर में स्थल सतह पर समुद्रों का अतिक्रमण हुआ। अनाच्छादन की शक्तियों से धरातल का अनवरत रूप से अपरदन होता रहा। फलस्वरूप इस कल्प में प्राचीनतम अवसादी शैलों का निर्माण हुआ। इस कल्प में बनी शैलें अधिक विस्तृत हैं। इस कल्प की शैलों में सर्वप्रथम चूने के पत्थर, बाद में बलुआ पत्थर तथा शेल और अन्त में चूने के पत्थर की पतली परत है। इन शैलों में बिना रीढ़ की हड्डी वाले बहुत ही निम्न श्रेणी के जीवाश्म पाये जाते हैं। भारत में इस कल्प की बनी शैलें पंजाब में स्पीता तथा कश्मीर में बारामूला में पायी जाती हैं।

ढेर लग गया हो। यह आकाश-गंगा उत्तरी आकाश में क्षितिज से क्षितिज तक फैली हुई है। इसका वृत्त दक्षिणी आकाश में जाकर समाप्त हो जाता है। इस प्रकार आकाश-गंगा मेखला की तरह समूचे आकाश को दो बराबर भागों में बांट देती है। यह अपनी पूरी लम्बाई तक एकसी चमक की नहीं है। 'हंस' तारा समूह से लेकर 'नराश्व' तारा समूह तक यह बहुत अधिक चमकीली है।

आकाश-गंगा की तुलना एक चौरस चकती से की गयी है जिसका व्यास एक लाख प्रकाश वर्ष और मोटाई पाँच हजार



प्रकाश वर्ष है¹। इस चकती के केन्द्र पर एक गाँठ के समान रचना है जिसे आकाश-गंगा का केन्द्रक (Nucleus) कहते हैं। असंख्य तारे इस केन्द्रक के चारों ओर चक्राकार भुजाओं में चक्कर लगा रहे हैं। इस आकाश-गंगा की लम्बाई लग-भग 30 हजार पारसेक और चौड़ाई 15 हजार पारसेक² है। इस प्रकार इसकी लम्बाई चौड़ाई से अधिक है।

प्रसिद्ध वैज्ञानिक जेम्स

जीन्स का अनुमान है कि हमारी

चित्र 4—आकाश-गंगा और उसकी नाभि

आकाश-गंगा में तीन खरब तारे विद्यमान हैं। हमारा सूर्य एक साधारण तारे की भाँति आकाश-गंगा की एक भुजा पर स्थित है। विद्वानों का मत है कि इस सृष्टि में कोई स्थिर नहीं है। सूर्य जिसे हम स्थिर मानते हैं स्वयं आकाश-गंगा के केन्द्रक के चारों ओर 25 करोड़ वर्ष में एक परिक्रमा पूरी करता है। आकाश-गंगा के सभी तारे समान गति से परिक्रमा नहीं कर रहे हैं। केन्द्र के समीप वाले तारे दूर स्थित तारों की अपेक्षा तीव्र गति से परिक्रमा करते हैं। समूची आकाश-गंगा स्वयं अपने केन्द्र पर घूमती है और पचास करोड़ वर्ष में एक परिक्रमा पूरी करती है।

अन्तरिक्ष में नीहारिकाएँ द्वीपों की भाँति फैली हुई हैं। इसी कारण इन्हें विश्व-द्वीप के नाम से भी पुकारा जाता है। इन नीहारिकाओं में से कुछ निर्माणाधीन होती हैं। ऐसी नीहारिकाओं में तारे नहीं होते अपितु ये अरबों-खरबों किलोमीटर के बीच फैला हुआ गैस एवं धूल के कणों का समूह मात्र होता है। कुछ नीहारिकाएँ पूर्ण होती हैं। इनमें तारे, ग्रह, उपग्रह आदि बन चुके होते हैं। ये हमें दूरी के कारण धुँधले प्रकाश पुंज के सदृश्य दृष्टिगोचर होती हैं। हमारी आकाश-गंगा एक पूर्ण नीहारिका है। नीहारिकाओं के निर्माण से इस अन्तरिक्ष का उसी प्रकार विस्तार हो रहा है जिस प्रकार हवा भरने पर एक गुब्बारे का होता है। इसी कारण विश्व (universe) को वर्ध्निष्णु कहा जाता है। उपरोक्त विवरण से अब आप इस अन्तरिक्ष की अनन्तता और विराटता की सहज ही कल्पना कर सकते हैं।

पर आश्चर्य तो यह है कि सृष्टि जितनी विशाल है उतनी ही सूक्ष्म भी है। वैज्ञानिकों ने

¹ Hytheeton, R. A., 'The Modern Universe', p. 143

² अन्तरिक्ष में बड़ी-बड़ी दूरियों को नापने के माप को पारसैक कहा जाता है। एक पारसैक एक प्रकाश वर्ष की दूरी से 3.258 गुना बड़ा होता है।

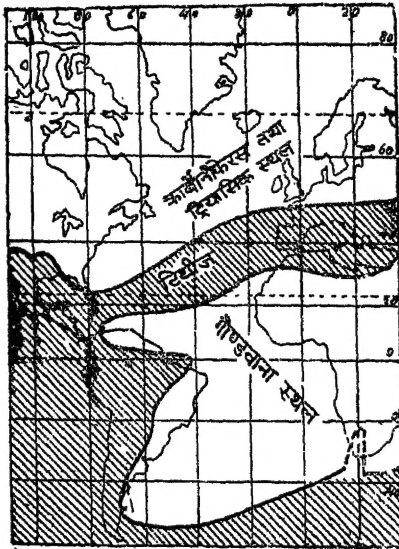
(3) यदि हम जल और स्थल के पूर्व वितरण और बनावट को देखें तो यह ज्ञात होगा कि पहले पृथ्वी के ऊपर जल की मात्रा आज की तुलना में काफी कम थी।

(4) पूर्व-काल में गम्भीरसागरीय मैदानों (deep sea plain) के उन्मज्जन से महाद्वीप कभी नहीं बने। जब कभी नवीन द्वीप अस्तित्व में आये हैं, तो वे उथले महाद्वीपीय मग्नतट के ऊपर ही बने।

(5) समुद्रों में ज्वालामुखी उद्गार के समय पैठिक लावा (Basic lava) अर्थात् बेसाल्ट चट्टानों से निर्मित लावा ही अधिक मिलता है। भूकम्प की लहरों के प्रमाण तथा आकर्षण-शक्ति के निरीक्षणों से भी यह प्रकट होता है कि महासागरों की तली भारी बेसाल्ट चट्टानों से बनी है। महाद्वीपीय चट्टानें इनकी तुलना में हल्की हैं। ऐसी दशा में यदि महासागरों की तली महाद्वीप का भाग बनाती हैं तो उसमें भारी रासायनिक और भौतिक परिवर्तन अवश्य होंगे।

(6) सन्तुलन सिद्धान्त के अनुसार हल्के महाद्वीपीय भागों का भारी सीमा के नीचे डूबना भौतिक रूप से असम्भव लगता है।

उपरोक्त प्रमाणों के आधार पर भू-गर्भशास्त्रियों को यह विश्वास हो गया था कि महा-



चित्र 73—महाद्वीपों के बीच स्थल सेतु

अमरीका के अन्य भागों में उसके जीवाश्म (fossils) प्राप्त हुए हैं। इसके विपरीत उत्तरी गोलार्द्ध में इस जीव के कोई चिह्न नहीं मिलते। इन्हीं तथ्यों से प्रभावित होकर तथा महाद्वीपीय वहन की आलोचना के समाधान हेतु ग्रेगरी (J. W. Gregory) ने सन् 1929 में महाद्वीपों के बीच स्थल सेतुओं (Land bridges) की उपस्थिति का सुझाव रखा। उसने नयी और पुरानी दुनिया में वनस्पति और जीव-जन्तुओं के वितरण की व्याख्या हेतु कई स्थल सेतुओं पर विस्तार से विचार किया। उसने उत्तरी तथा दक्षिणी अन्ध महासागर की उत्पत्ति स्थल सेतुओं के अवतलन द्वारा ही मानी है।

प्रमाण

(1) उत्तरी-पश्चिमी यूरोप में भ्रंशन तथा अवतलन के प्रमाण मिलते हैं। आइसलैण्ड तथा स्कॉटलैण्ड में लावा प्रवाह भ्रंशन और अवतलन का ही परिणाम है। अन्ध महासागर

सागरीय द्रोणियाँ निश्चय ही स्थायी रही हैं। परन्तु 19वीं शताब्दी के उत्तरार्द्ध में महासागरीय द्रोणियों के स्थायित्व के सम्बन्ध में भू-गर्भशास्त्रियों एवं प्राणिकीविदों (Biologists) का विश्वास जाता रहा। उस समय प्राकृतिक चुनाव (natural selection) द्वारा जीवन विकास (organic evolution) का सिद्धान्त मान्य हो चुका था। अतएव जीव-जन्तुओं (organisms) के भौगोलिक वितरण का संसारव्यापी अध्ययन किया गया। इस अध्ययन के फलस्वरूप कई ऐसे तथ्य सामने आये जिनको कि महासागरों के स्थायी होने के सिद्धान्त पर स्पष्ट नहीं किया जा सकता था। उदाहरणतः अन्धे सर्प और कुछ विशेष जाति की तितलियाँ केवल दक्षिणी महाद्वीपों में ही पायी जाती हैं। इसी प्रकार आस्ट्रेलिया का थैली वाला विशेष जीव (कंगारू)

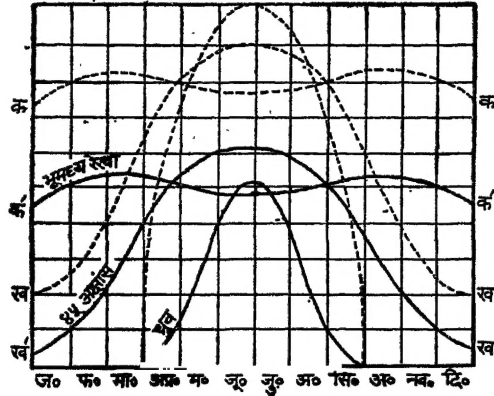
चिली में जीवित अवस्था में पाया गया तथा दक्षिणी

धरातल पर प्राप्त गर्मी में घनिष्ठ सम्बन्ध है। धरातल से सूर्य की जितनी अधिक ऊँचाई होगी; धरातल पर प्राप्त गर्मी भी उतनी ही अधिक होगी। क्योंकि धरातल से सूर्य की ऊँचाई के साथ ही सूर्य की किरणों द्वारा बनने वाला कोण निर्भर करता है। जब सूर्य धरातल के ऊपर ठीक लम्बवत् होता है तो किरणें सीधी पड़ती हैं और अधिक गर्मी देती हैं। परन्तु सूर्य की किरणें जब तिरछी पड़ती हैं तो कम गर्मी देती हैं। तिरछी किरणों से कम गर्मी प्राप्त होने के दो कारण हैं।

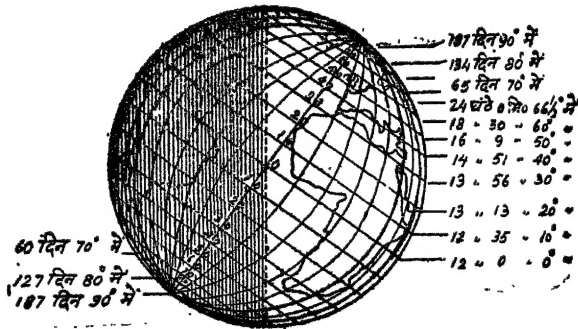
पहला तिरछी किरणें सीधी किरणों की अपेक्षा धरातल के अधिक भाग को घेरती हैं, इसलिए उन्हें धरातल के अधिक भाग को गरम करना पड़ता है। दूसरा, तिरछी किरणों को वायुमण्डल का अधिक भाग पार करना पड़ता है जिससे वायुमण्डल में उनकी अधिक गर्मी नष्ट हो जाती है। यह बात इस उदाहरण से और भी स्पष्ट है। गंगा नदी के डेल्टा में सूर्य की किरणें धरातल पर 21 दिसम्बर को 45° और 21 जून को 90° का कोण बनाती हैं। दूसरे शब्दों में, कलकत्ता के आसपास के भाग में

21 दिसम्बर को 21 जून को प्राप्त होने वाली गर्मी की 70 प्रतिशत गर्मी ही प्राप्त होती है।¹ इस तरह तिरछेपन के साथ किरणों की शक्ति घटती जाती है। वायुमण्डल में नष्ट होने वाली गर्मी की मात्रा को अंगोटे ने अपने ग्राफ में भली प्रकार स्पष्ट किया है।

✓(2) दिन और रात की लम्बाई का अन्तर—परिभ्रमण और परिक्रमण पृथ्वी की दो गतियाँ हैं। परिभ्रमण गति द्वारा पृथ्वी अपनी धुरी पर बराबर चक्कर लगाती है और परिक्रमण द्वारा वह अपने कक्ष (orbit) पर $66\frac{1}{2}^\circ$ का कोण बनाती हुई सूर्य के चारों ओर घूमती है। इन गतियों के कारण ही पृथ्वी पर दिन-रात तथा ऋतु-परिवर्तन होता है। दूसरे शब्दों में, इसका



चित्र 79—वायुमण्डल द्वारा नष्ट गर्मी

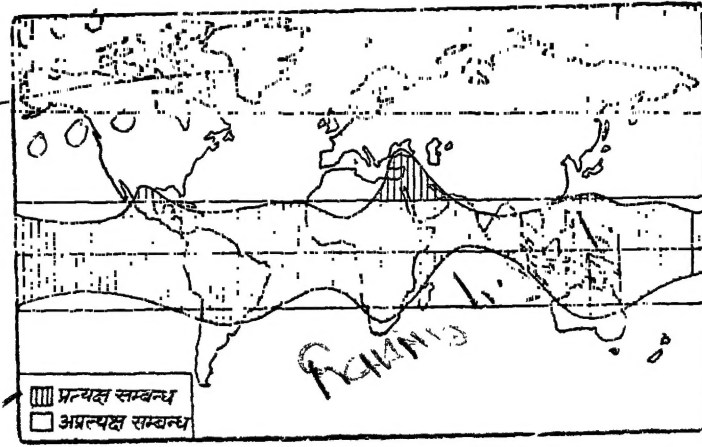


चित्र 80—अक्षांश तथा दिन की लम्बाई

प्रभाव धरातल से सूर्य की ऊँचाई, मौसम तथा अक्षांश के अनुसार सूर्य प्रकाश के घण्टों (Duration of Sun-shine) पर होता है। अर्थात् भिन्न-भिन्न ऋतुओं में विभिन्न अक्षांशों पर दिन और रात की लम्बाई भिन्न-भिन्न होती है, जिसका प्रभाव पृथ्वी पर सूर्याभिताप की न्यूनाधिक मात्रा पर पड़ता है। किसी स्थान पर जितना ही सूर्य ऊँचा और अधिक देर तक चमकता है वहाँ उतना

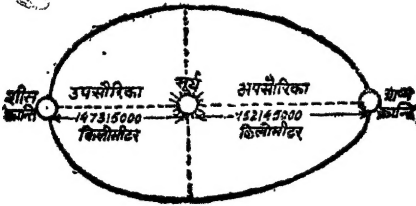
¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, pp. 372-73

अनुमान लगाया गया है कि कलंकों के घटते-बढ़ते रहने से धरातल पर पहुँचने वाली सूर्याभिताप की मात्रा में सौर-स्थिरांक (solar constant) की औसत से तीन प्रतिशत तक का अन्तर पड़



चित्र 83—सूर्य-कलंक और सूर्य-ताप

(6) पृथ्वी से सूर्य की दूरी—पृथ्वी की कक्ष जिस पर कि वह सूर्य की परिक्रमा करती है, गोल न होकर कुछ अण्डाकार है। अतः सूर्य से पृथ्वी की दूरी सदैव एकसमान नहीं होती। उपसौरिका (perihelion) की अपेक्षा अपसौरिका (aphelion) की दशा में सूर्य से पृथ्वी की दूरी अधिक होती है। अपसौरिका की अवस्था में पृथ्वी पर सूर्य से कम शक्ति प्राप्त होती है और उपसौरिका की दशा में अधिक। 21 जून को पृथ्वी से सूर्य की दूरी 9,40,00,000 मील रहती है और 22 दिसम्बर को यह दूरी 9,15,00,000 मील रहती है। अतः जून की अपेक्षा दिसम्बर में पृथ्वी पर प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा 7 प्रतिशत

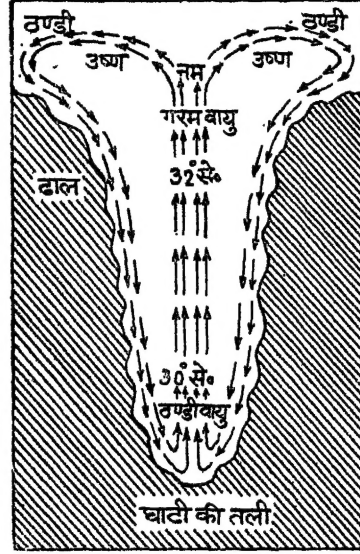


चित्र 84—पृथ्वी की सूर्य से दूरी और सूर्य-ताप अधिक होती है। यही कारण है कि दक्षिणी गोलार्द्ध अपनी ग्रीष्मऋतु में उत्तरी गोलार्द्ध की ग्रीष्मऋतु की अपेक्षा अधिक सूर्याभिताप प्राप्त करता है। किन्तु चूँकि उत्तरी गोलार्द्ध में ग्रीष्मकाल अधिक लम्बा होता है, इसलिए दोनों गोलार्द्धों में वर्ष-भर की अवधि में प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा लगभग समान होती है।

(7) धरातल का रंग—सौर-ताप के वितरण पर धरातल के रंग का भी प्रभाव होता है। जहाँ धरातल की मिट्टी काले अथवा गहरे रंग की होती है वहाँ वह अधिक सौर-ताप को ग्रहण करती है। इसके विपरीत हल्के रंग अथवा रंगहीन मिट्टी वाला धरातल अपेक्षतया कम ताप सोखता है।

(8) धरातल की प्रकृति—धरातल की प्रकृति भी सौर-ताप के वितरण को बहुत अधिक प्रभावित करती है। धरातल की कुछ वस्तुएँ सौर-ताप को अधिक प्रतिबिम्बित करती हैं और कुछ कम। अतः जिन भागों में प्रतिबिम्बन अधिक होता है वहाँ सौर-ताप की मात्रा कम रहती है और जहाँ प्रतिबिम्बन कम होता है वहाँ सौर-ताप की मात्रा अधिक होती है। यही कारण है कि साधारण मिट्टी वाला धरातल पथरीले एवं बर्फ़ीले धरातल की अपेक्षा शीघ्र गरम हो जाता है क्योंकि पथरीले और बर्फ़ीले भागों का धरातल चिकना और चमकदार होता है जो ताप को अधिक प्रतिबिम्बित करता है।

किन्तु कभी-कभी ऐसा देखा जाता है कि स्थानीय अथवा कालिक रूप से ऊँचाई के बढ़ने पर तापमान घटने की अपेक्षा बढ़ते जाते हैं। इस अवस्था को ऋणात्मक ताप-पतन-दर (negative lapse rate) कहा जाता है। इस अवस्था में नीचे अपेक्षाकृत ठण्डी वायु की परत और उसके ऊपर गर्म वायु की परत स्थित होती है। इस दशा को तापमान का प्रतिलोमन (inversion of temperature) कहा जाता है। द्विवार्थी महोदय के शब्दों में, 'The condition in which the colder air is nearer the earth and the warmer air is aloft, is called a temperature inversion.'¹



चित्र 92—तापमान की विलोमता

पाथिव विकिरण के द्वारा ऊपरी गर्म परत को ठण्डा करने में काफी समय लग जाता है। तापीय प्रतिलोमन की दशा घाटियों, हिमाच्छादित प्रदेशों, ध्रुवीय प्रदेशों, मध्य अक्षांशों तथा गर्म एवं ठण्डी जलधाराओं के संगम स्थलों पर अधिक देखी जाती है।

तापमान की विलोमता के प्रकार

(Kinds of Inversion of Temperature)

(1) धरातलीय विलोमता (Surface Inversion)—साधारणतः समतापमण्डल के निचले तल तक ऊँचाई के अनुसार तापमान कम होता जाता है। परन्तु जब कभी जाड़े की स्वच्छ और शान्त रात्रि को धरातल बर्फ से ढक जाता है तो वायुमण्डल की निचली हवा कई सौ फुट तक ऊपरी हवा से अधिक शीतल हो जाती है। ऐसी दशा में वायुमण्डल की सामान्य दशा उल्टी हो जाती है। धरातल के निकट अधिक ठण्डी वायु और ऊपर अपेक्षतया उष्ण वायु रहती है। इस प्रकार वायुमण्डल के निचले भाग में ऊँचाई के अनुसार तापमान घटने के स्थान पर बढ़ने लगते हैं। वायुमण्डल में तापमान की स्थिति को ही तापमान की विलोमता (inversion of temperature) कहते हैं।

सामान्यतः तापमान की विलोमता शीतोष्ण कटिबन्ध के मैदानों में होती है परन्तु इसका स्पष्ट रूप पर्वतीय भागों में देखने को मिलता है। विकिरण द्वारा रात्रि को पृथ्वी का धरातल बहुत अधिक ठण्डा हो जाता है, किन्तु पहाड़ी सिरे और घाटियों से ढाल अपनी ऊँचाई के कारण और भी भयानक रूप से ठण्डे हो जाते हैं। इस कारण पहाड़ी सिरों और घाटियों के ढालों से लगी हुई वायु बहुत अधिक ठण्डी हो जाती है। परन्तु इसके विपरीत घाटियों के निचले भाग तथा मैदान में वायु इतनी अधिक ठण्डी नहीं होने पाती। घाटियों की वायु पहाड़ी ढालों की वायु की अपेक्षा गरम

¹ Finch & Trewartha ; *Elements of Physical Geography*.

बाद जल और जल के बाद स्थल दिखाई पड़ता है, वायुदाब की पेटियों का बराबर बने रहना कठिन होता है। जल और स्थल की विभिन्नता से महाद्वीपों और महासागरों के तापमान में बड़ा अन्तर उत्पन्न हो जाता है। अतः उत्तरी गोलार्द्ध में वायुदाब की पेटियों की अपेक्षा वायुदाब के अलग-अलग केन्द्र मिलते हैं।

पृथ्वी के गोले पर वायुदाब की जो सात पेटियाँ हैं उनमें से चार उच्चदाब की पेटियाँ हैं और तीन न्यून वायुदाब की। ये सब पेटियाँ जो समुद्र-तल पर दुनिया की औरत वायुदाब की अवस्थाएँ बताती हैं, निम्न हैं :

(1) विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब की पेटि (Equatorial Low Pressure Belt)—इस पेटि का विस्तार विषुवत रेखा के दोनों ओर 5° अक्षांशों तक पाया जाता है। किन्तु सूर्य के उत्तरायण तथा दक्षिणायन होने के साथ-साथ इस पेटि का भी स्थानान्तरण होता रहता है जिससे इसकी स्थिति स्थायी नहीं रहती। भूमध्य रेखा पर वर्ष भर सूर्य लम्बवत् चमकता है और यहाँ दिन-रात भी सदैव एक समान होते हैं। अतः यहाँ वर्ष भर उच्च तापमान बना रहता है जिससे यहाँ हवाएँ गर्म होकर फैलती हैं और ऊपर उठती रहती हैं। फलस्वरूप यहाँ सदैव न्यूनदाब बना रहता है। वहाँ वायुमण्डल में अधिक आर्द्रता भी न्यूनदाब का कारण है। स्पष्ट है कि यह पेटि सीधी तापमान से सम्बन्धित है। इसीलिए इसे तापजन्य न्यून वायुदाब की पेटि (Thermally induced low pressure belt) कहा जाता है। इस पेटि में धरातल पर हवाओं में गति कम होने से वातावरण शान्त रहता है। इस कारण इस पेटि को डोलड्रम अथवा शान्त क्षेत्र (Doldrum or region of calm) कहा जाता है। धरातल से कुछ ऊँचाई पर इसके विपरीत पवन प्रवाह सक्रिय होता है और शान्त वातावरण भंग हो जाता है।

(2) उपोष्ण उच्च वायुदाब की पेटियाँ (Tropical High Pressure Belts)—दोनों गोलार्द्धों में 30° से 35° अक्षांशों के मध्य उच्च वायुदाब की पेटियाँ पायी जाती हैं। वस्तुतः



चित्र 102—धरातल पर वायुदाब की स्थायी पेटियाँ

इस भाग में शीतऋतु के दो महीनों को छोड़कर वर्ष भर ऊँचा तापमान बना रहता है। तापमान की अवस्थाओं के अनुसार यहाँ भी न्यून वायुदाब होना चाहिए था किन्तु इसके विपरीत

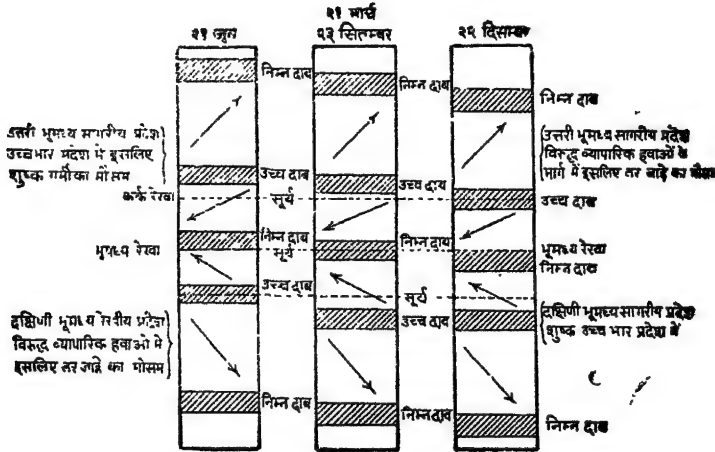
दाब और तापमान में यह परिवर्तन ध्रुव प्रदेश के भीतरी भागों को प्रभावित करते हैं। शीत-ऋतु में ध्रुवों की अपेक्षा उत्तरी यूरोशिया और उत्तरी अमरीका पर उच्च वायुदाब रहता है। बर्फ से ढका हुआ ग्रीनलैण्ड प्रदेश ध्रुव प्रदेश की अपेक्षा आर्कटिक प्रदेश में उच्च वायुदाब का स्थायी केन्द्र है। उत्तरी अन्ध महासागर में आइसलैण्ड (Iceland) और उत्तरी प्रशान्त में एल्यूशियन द्वीपसमूह (Alucian IIs) के न्यून वायुदाब केन्द्र उप-ध्रुवीय न्यून वायुदाब पेटो के विभिन्न भाग हैं।

वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन (Seasonal Change of Pressure)

वायुदाब तापमान पर निर्भर है और तापमान सूर्य की ऊँचाई पर। आकाश में सूर्य की ऊँचाई ऋतुओं के अनुसार बदलती रहती है। इस कारण धरातल पर तापमान कभी भी स्थायी नहीं होता। तापमान सदा ऋतुओं के अनुसार बदलता रहता है। तापमान के इस परिवर्तन के कारण ही वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन होता है।

जिस प्रकार दैनिक तापमान अन्तर से वार्षिक तापान्तर महत्त्वपूर्ण है उसी प्रकार वायुदाब के दैनिक परिवर्तन से वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन अधिक महत्त्वपूर्ण है। वायुदाब के ऋतुवत् परिवर्तन के फलस्वरूप ही एक स्थान की वायु-राशि दूसरे स्थान को चलती है जिससे न केवल उस स्थान का वायुदाब ही बदल जाता है वरन् उस स्थान के मौसम पर भी अभूतपूर्व प्रभाव पड़ता है।

वायुदाब के ऋतुवत् परिवर्तन को भलीभाँति समझने के लिए जनवरी और जुलाई के वायुदाब मानचित्रों का ज्ञान आवश्यक है। इन मानचित्रों के अध्ययन से हमें यह स्पष्ट ज्ञात होता है कि वायुदाब की पेटियाँ सूर्य के उत्तर और दक्षिण की ओर खिसकने के साथ ही साथ ऊपर-नीचे भी खिसकती रहती हैं। ग्रीष्मऋतु में जब सूर्य उत्तरी गोलार्द्ध में सीधा चमकता है तो उत्तरी

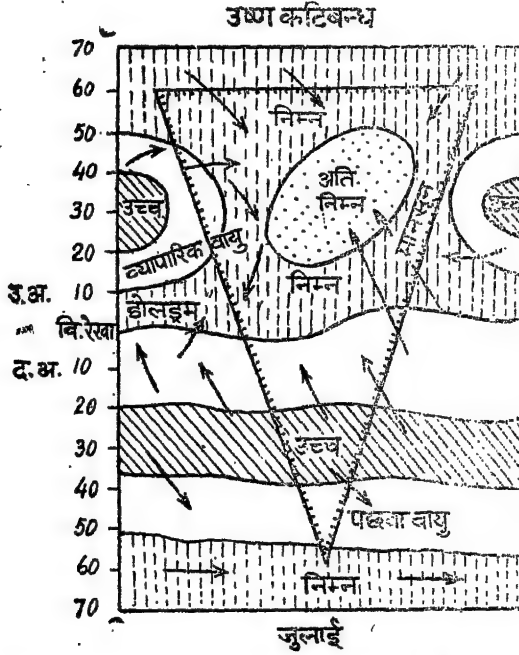


चित्र 103—वायुदाब की पेटियों का खिसकना

गोलार्द्ध का अधिकतर भाग गरम हो उठता है। इस कारण विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब वाली पेटो कुछ उत्तर की ओर खिसक जाती है। इसी के अनुसार अन्य पेटियाँ भी कुछ ऊपर सरक जाती हैं। शीतऋतु में सूर्य दक्षिणी गोलार्द्ध में सीधा चमकता है। परिणामस्वरूप उत्तरी गोलार्द्ध ठण्डा और दक्षिणी गोलार्द्ध गरम हो जाता है। अतः विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब वाली पेटो इस समय कुछ दक्षिण को खिसक जाती है। इसके खिसकने के साथ-साथ अन्य पेटियाँ भी खिसक जाती हैं। वायुदाब की पेटियों के इस प्रकार स्थान परिवर्तन से भिन्न-भिन्न पेटियों की सीमा वाले प्रदेशों में

अतिरिक्त महाद्वीपों पर स्थल रचना की अनेक विभिन्नताओं तथा वार्षिक तापमान के अन्तर के कारण स्थायी हवाओं की व्यवस्था बड़ी उलट-पुलट हो जाती है जिससे हवा की पेटियों का खिसकना बहुत अधिक मालूम नहीं देता।

हवा की पेटियों के सूर्य के साथ ऊपर-नीचे खिसकने का जलवायु की दृष्टि से बहुत बड़ा महत्त्व है। विशेष तौर पर उन भागों में जो भिन्न हवाओं और असमान तापमान वाली वायु-



राशियों के बीच स्थित होते हैं। उदाहरणतः सन्मार्गी हवाओं और विषुवतरेखीय प्रशान्तमण्डल के बीच के भाग। ऐसे भागों में भिन्न ऋतुओं में विपरीत वायु-राशियों का प्रभाव रहता है जिससे वहाँ होने वाला मौसम भी भिन्न-भिन्न होता है। प्रत्येक गोलार्द्ध में सामान्यतः ऐसे तीन प्रदेश मिलते हैं :

(1) भूमध्य रेखा के दोनों ओर 5° अक्षांश से 15° अक्षांश के बीच का प्रदेश ऐसा ही है जो एक ओर भूमध्यरेखीय आर्द्र वायु और दूसरी ओर शुष्क सन्मार्गी हवाओं के बीच स्थित है। अतः ग्रीष्म में यहाँ विषुवतरेखीय प्रशान्तमण्डल से आर्द्र हवाएँ चलती हैं और जाड़े में शुष्क सन्मार्गी हवाएँ। इस प्रकार यहाँ एक

चित्र 110—वायुदाब की पेटियों और हवाओं का सम्बन्ध आर्द्र और एक शुष्क मौसम होता है।

(2) 30° और 40° अक्षांशों के बीच के भाग पछुआ हवाओं और अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब के प्रदेश के बीच स्थित हैं। जब ग्रीष्म में सूर्य की किरणों का प्रभाव ध्रुव तक होने लगता है तो शुष्क अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब केन्द्र इन प्रदेशों के ऊपर फैल जाते हैं। इसके विपरीत जाड़ों में जबकि सूर्य दूसरे गोलार्द्ध में सीधा चमकता है तो यहाँ पछुआ हवाओं का प्रभाव रहता है। इस व्यवस्था के कारण यहाँ ग्रीष्म ऋतु शुष्क और जाड़ों की ऋतु तर होती है। पूर्वी भागों तथा महाद्वीपों के बीच के भागों में मानसून हवाएँ अवश्य इस व्यवस्था को भंग कर देती हैं। अतः इस पेटि के खिसकने का पूरा प्रभाव केवल समुद्रों तथा पश्चिमी तटों पर ही दिखाई पड़ता है।

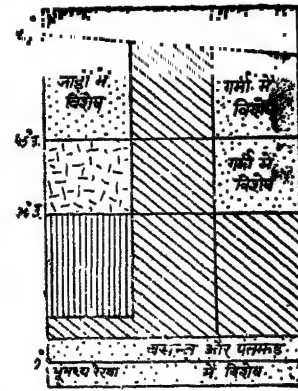
(3) लगभग 60° और 70° अक्षांशों के बीच वाले प्रदेश तूफानी पछुआ हवाओं और ध्रुवीय हवाओं के बीच स्थित हैं। अतः इस प्रदेश में दोनों ही प्रकार की हवाओं का प्रभाव देखा जाता है। इस भाग में चक्रवात अधिक आते हैं। इस कारण यहाँ हवा की पेटि के खिसकने का प्रभाव कुछ प्रतीत नहीं होता। इन उच्च अक्षांशों में जाड़ों में ठण्डी ध्रुवीय हवाओं का जोर रहता है, किन्तु ग्रीष्म में उष्ण दक्षिणी-पश्चिमी हवाओं का प्रभाव रहता है।

सामयिक हवाएँ (Periodical Winds)

धरातल पर कुछ ऐसी हवाएँ चलती हैं जो सदैव एक ही दिशा में नहीं चलतीं। समय के अनुसार इनकी दिशा बदलती रहती है। अतः ये सामयिक हवाएँ (periodical winds) कहलाती हैं। इन पवनों के अन्तर्गत मानसून पवनें आती हैं।

उष्ण कटिबन्ध के बाहर 30° अक्षांशों के निकट उच्चदाब की पेटी स्थित है। यहाँ पर सदा ही हवाएँ ऊपर से नीचे उतरती रहती हैं। परिणामस्वरूप यहाँ कोई वर्षा नहीं होती। यह पूर्णतः शुष्क प्रदेश है। संसार के मुख्य-मुख्य मरुस्थल इसी भाग में पाये जाते हैं।

ऊपर बताया जा चुका है कि वर्षा का सम्बन्ध ताप से अधिक है। इस कारण धरातल पर होने वाली अधिकतर वर्षा ग्रीष्म ऋतु में ही होती है। यही नहीं पृथ्वी के अधिकांश भागों में वर्षा का मौसम भी ग्रीष्म ऋतु में ही अधिक रहता है। किन्तु धरातल पर कुछ ऐसे भाग भी हैं जहाँ ग्रीष्म में कोई वर्षा नहीं होती। ग्रीष्म की ऋतु वहाँ शुष्क ऋतु होती है। ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़े में वहाँ वर्षा के अनुकूल अवस्थाएँ पायी जाती हैं। ऐसे प्रदेश शीतोष्ण कटिबन्ध के भूमध्य-सागरीय जलवायु वाले प्रदेश हैं। इन प्रदेशों में वर्षा हवाओं की दिशा पर निर्भर करती है। जाड़े की ऋतु में ये प्रदेश समुद्र से आने वाली आर्द्र पछुआ हवाओं के प्रभाव में रहते हैं। इस कारण जाड़े की ऋतु यहाँ वर्षा की ऋतु रहती है। ग्रीष्म की ऋतु में ये प्रदेश धरातली हवाओं के परिवर्तन के कारण सन्मार्गी हवाओं के प्रभाव में आ जाते हैं, जो केवल महाद्वीपों के पूर्वी भागों में ही वर्षा करती हैं। चूँकि ये हवाएँ न्यून ताप वाले क्षेत्रों की ओर चलती हैं इसलिए इनकी भाप ग्रहण करने की शक्ति बढ़ जाती है।



सामान्य वर्षा, शीत ऋतु में वर्षा, गर्मी में वर्षा, जाड़े में वर्षा

चित्र 122—उत्तरी गोलार्द्ध में वर्षा का वितरण

शीतोष्ण कटिबन्ध में संवहन का कोई महत्त्व नहीं है। यहाँ ध्रुवों से आने वाली शीतल वायु-राशि उष्ण प्रदेशों से आने वाली उष्ण वायु-राशि के सम्पर्क में आती है जिससे यहाँ अधिकतर वर्षा चक्रवातों और गर्त-चक्रों द्वारा होती है। यहाँ पर होने वाली वर्षा पूर्णतः चक्रवाती (cyclonic) कही जा सकती है।

शीतोष्ण कटिबन्ध पछुआ हवाओं के प्रवाह मार्ग में पड़ता है। अतः इन क्षेत्रों में महाद्वीपों के पश्चिमी भाग अधिक वर्षा के प्रदेश हैं। जाड़े की ऋतु में पछुआ हवाएँ महाद्वीपों के भीतरी भागों तक नहीं पहुँच पातीं, क्योंकि इस ऋतु में भीतरी भाग उच्च दाब (high pressure) के क्षेत्र बने रहते हैं। गर्मी की ऋतु में वहाँ थोड़ी-बहुत वर्षा हो जाती है, पर सबसे अधिक वर्षा शीतकाल में ही होती है।

शीतोष्ण कटिबन्ध के बाहर ध्रुवीय प्रदेशों में निम्न ताप के कारण कोई वर्षा नहीं होती। ये पृथ्वी के अत्यन्त शीतल भाग हैं। अतः ताप की कमी से न तो यहाँ वायु में भाप की अधिक मात्रा ही पायी जाती है और न वाष्पीकरण ही होता है। अतः यहाँ कोई वर्षा नहीं होती। जाड़े की ऋतु में हिमपात (snowfall) अवश्य होता रहता है।

उपरोक्त विवेचन से यह बात स्पष्ट विदित होगी कि अधिक ताप के कारण जहाँ वाष्पीकरण अधिक होगा वहीं वर्षा अधिक होगी। इस प्रकार धरातल पर वर्षा की सही मात्रा वाष्पीकरण की मात्रा पर निर्भर करती है। वाष्पीकरण द्वारा धरातल से जितना जल वायुमण्डल में पहुँचता है उतना ही जल वर्षा द्वारा वायुमण्डल से धरातल पर आ जाता है। यह बात अगली तालिका से और भी स्पष्ट होती है।

वर्षा के अग्रलिखित विवरण के आधार पर हम बहुत संक्षेप में पृथ्वी के प्रत्येक गोलार्द्ध को चार भागों में बाँट सकते हैं :

वृष्टि द्योतक मानचित्रों का अध्ययन

वृष्टि द्योतक मानचित्रों के अध्ययन में दो बातों की ओर विशेष ध्यान देना आवश्यक है :

(1) वर्षा अधिक, मध्यम, कम और बहुत कम भागों में बांटी जाती है। अतः यह ध्यान रखा जाना चाहिए कि वह स्थान इनमें से कौनसे भाग में आता है। वर्षा के इन विभागों का सामान्य विभाजक नियम यह है : -

उष्ण कटिबन्ध में

- (क) 80" से ऊपर वाली वर्षा को भारी वर्षा (heavy rainfall) के अन्तर्गत गिना जाता है।
- (ख) 40" से 80" तक की वर्षा मध्यम वर्षा (moderate rainfall) कहलाती है।
- (ग) 15" से 40" तक की वर्षा कम अथवा अल्प वृष्टि (light rain) होती है।
- (घ) 15" से कम वर्षा बहुत कम (poor rain) गिनी जाती है। ऐसे भाग मरुस्थल होते हैं।

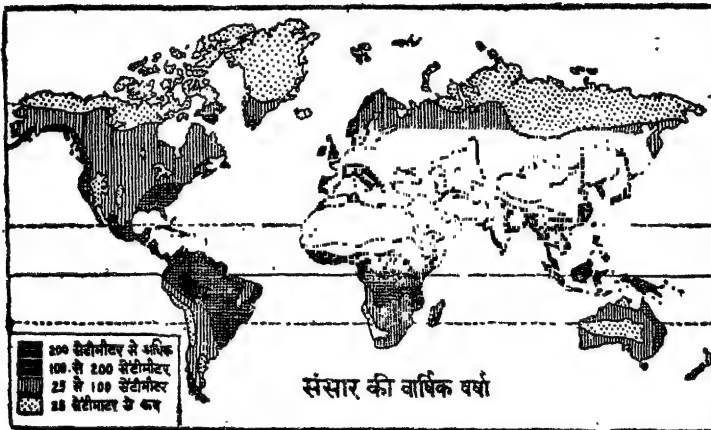
शीतोष्ण कटिबन्ध में

- (क) 40" से अधिक वर्षा वाले क्षेत्र भारी वर्षा (heavy rainfall) वाले क्षेत्र माने जाते हैं।
- (ख) 25" से 40" तक वर्षा वाले भाग मध्यम वृष्टि वाले होते हैं।
- (ग) 5" से 20" तक की वर्षा को कम वर्षा माना जाता है।
- (घ) 5" से कम वर्षा बहुत ही कम वर्षा (poor rain) में शामिल की जाती है।

(2) वृष्टि द्योतक मानचित्रों के अध्ययन के सम्बन्ध में दूसरी महत्वपूर्ण बात यह है कि वर्षा किस ऋतु में अधिक होती है। वनस्पति के लिए गर्मी होना आवश्यक है। अतः कृषि की दृष्टि से गर्मी में होने वाली वर्षा अधिक लाभप्रद होती है।

यदि हम विश्व के वृष्टि द्योतक मानचित्र का अध्ययन करें तो निम्न बातें ज्ञात होंगी :

(1) भूमध्य रेखा से ज्यों-ज्यों ध्रुवों की ओर दूर हटते जाते हैं वर्षा निरन्तर कम होती जाती है।



चित्र 123—संसार में वर्षा का वितरण

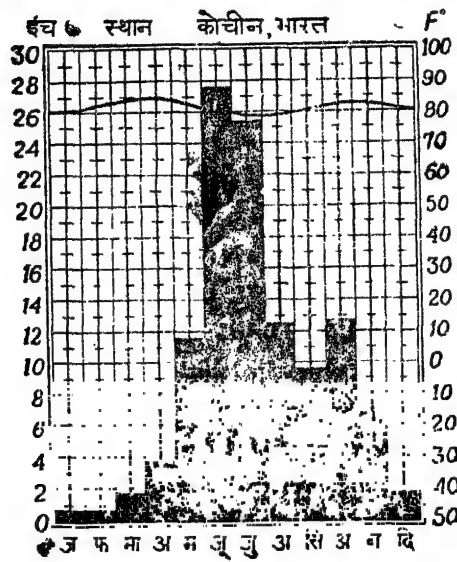
(2) महाद्वीपों के भीतरी भागों की अपेक्षा समुद्रतटों पर अधिक वर्षा होती है।

झंझावात के समय आने वाली तेज हवाओं से यहाँ थोड़ी राहत मिलती है। निम्न अक्षांशों में समुद्र तटों के समीप समुद्री पवनों यहाँ की महत्वपूर्ण जलवायु घटना है। दिन को समुद्र से आने वाली शीतल हवा तटों के ऊपर रहने वाले लोगों के लिए वरदानस्वरूप होती है। यही कारण है कि उष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपों के भीतरी भागों की अपेक्षा तटवर्ती भाग मानव निवास के अधिक अनुकूल होते हैं।

प्रतिनिधि क्षेत्र—उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु मुख्यतः दक्षिणी अमरीका में अमेजन बेसिन, अफ्रीका में कांगो बेसिन व गिनीतट और दक्षिणी-पूर्वी एशिया के तटीय प्रदेशों (पूर्वी द्वीपसमूह और फिलीपाइन सहित) में पायी जाती है। कुछ परिवर्तित रूप में यह जलवायु ब्राजील के पवनाभिमुख पूर्वी तट, मध्य अमरीका, पश्चिमी द्वीपसमूह, मेडागास्कर द्वीप तथा दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर कोलम्बिया में पायी जाती है।

उष्ण मानसूनी जलवायु (Monsoon Rain forest Climate) [Am]

उष्ण मानसूनी जलवायु उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु का ही एक उपभाग है। इसमें उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु की अपेक्षा वार्षिक वर्षा की मात्रा अधिक होती है। किन्तु इसमें विषुवत



चित्र 146

मुख्यतः उष्ण कटिबन्धीय दक्षिणी-पूर्वी एशिया के मानसून प्रदेशों और अफ्रीका के पश्चिमी गायना तट पर पायी जाती है।

उष्ण मानसूनी जलवायु के प्रतिनिधि स्थान के जलवायु अंक कोचीन (भारत)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	77.8	79.8	81.6	83.6	83.1	78.5	76.7	77.4
वर्षा	0.3	0.2	0.6	3.2	9.5	35.0	29.8	15.3
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	78.3	79.1	79.5	78.3	79.5	6.9		
वर्षा	8.4	10.3	4.9	1.1	118.6	—		

रेखीय प्रदेशों की भाँति वर्षा का वितरण साल भर एक जैसा नहीं रहता। इसमें एक छोटी शुष्क ऋतु अवश्य होती है। वार्षिक वर्षा के वितरण की दृष्टि से यह सवाना प्रदेश से मिलती है, यद्यपि यहाँ वर्षा की मात्रा अधिक रहती है और शुष्क मौसम की अवधि भी ज्यादा लम्बी नहीं होती। इस जलवायु वाले भागों में अधिकतम वर्षा प्रायः ग्रीष्म में होती है जबकि मानसून जल से स्थल की ओर चलते हैं। यद्यपि यहाँ निश्चित शुष्क ऋतु होती है किन्तु फिर भी वर्षा इतनी अधिक होती है कि भूमि साल भर काफी नम बनी रहती है जिससे प्रचुर तथा सघन वनस्पति पैदा होती है। यहाँ प्रायः अधिकतम तापमान उस समय होते हैं जबकि भारी वर्षा वाले मौसम के प्रारम्भ होने के पूर्व आकाश स्वच्छ रहता है। इस प्रकार की जलवायु

उष्ण सवाना जलवायु (Tropical Savanna Climate) [Aw]

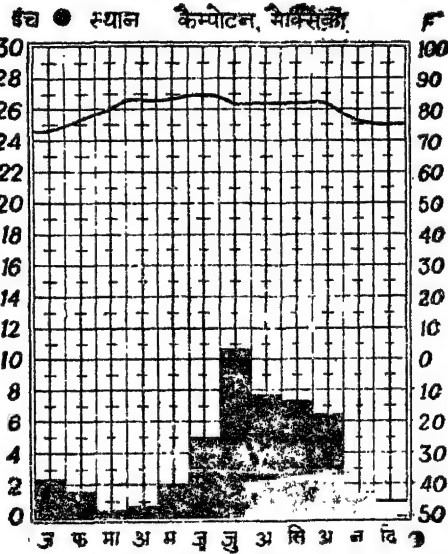
स्थिति तथा विस्तार—सवाना जलवायु उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु और शुष्क सहारा जलवायु के मध्य स्थित है। इनका विस्तार सामान्यतः विषुवत रेखा के दोनों ओर 5° से 15° अक्षान्तर तक पाया जाता है परन्तु महाद्वीपों के पूर्वी भागों में ये 30° अक्षान्तर तक फैले हुए भी पाये जा सकते हैं, इस प्रकार ये प्रदेश एक ओर विषुवत रेखा के समीप डोलड्रम की आर्द्र और अस्थिर वायु-राशियों तथा दूसरी ओर उपोष्ण उच्च वायुदाब के क्षेत्रों की शुष्क और स्थिर वायु-राशियों के बीच आ गये हैं। इनके एक छोर पर निरन्तर आर्द्र और दूसरे छोर पर निरन्तर शुष्क जलवायु वाले प्रदेश हैं। अतः सवाना प्रदेश में दोनों ही जलवायु की विशेषताएँ पायी जाती है। विषुवतरेखीय भाग की ओर स्थित सवाना प्रदेश में भारी वर्षा होती है और शुष्क ऋतु छोटी होती है। तापमान और वनस्पति भी उष्ण विषुवत-रेखीय जलवायु से मिलती-जुलती होती है। किन्तु ध्रुवों की ओर बढ़ने पर वर्षा ऋतु छोटी होती जाती है, तापान्तर बढ़ता जाता है और वृक्षों के स्थान पर घास अधिकाधिक स्थान लेती जाती है।

संसार में सवाना प्रदेश दक्षिणी अमरीका में ओरीनीको घाटी के लानोज (कोलम्बिया और वेनेजुएला), गायना के उच्च पठारी भाग, ब्राजील के कम्पाज, अफ्रीका में सूडान और वेल्ड (जेम्बेजी का ऊपरी बेसिन एवं जंजीबार बेसिन) तथा आस्ट्रेलिया के उत्तरी व भीतरी भाग में फैले हुए पाये जाते हैं।

तापमान—उष्ण विषुवत-रेखीय जलवायु और सवाना जलवायु में तापमान में बहुत अधिक विभेद नहीं मिलता। यहाँ लगातार ऊँचे तापमान बने रहते हैं। क्योंकि यहाँ मध्याह्न में सूर्य कभी भी तिरछा नहीं चमकता और रात-दिन की लम्बाई में भी विशेष अन्तर नहीं पड़ता। यहाँ वार्षिक तापान्तर 5° से 15° तक रहता है। इस तापान्तर का प्रभाव यह होता है कि अधिक तापमान वाले महीने गरम तथा कम तापमान वाले महीने कम गरम होते हैं। गर्मियों में तापमान का औसत 80° फा० रहता है। मार्च, अप्रैल और मई गरम महीने होते हैं। शीतकाल का औसत तापमान 68° फा० होता है।

उष्ण सवाना प्रदेश के प्रतिनिधि स्थानों के जलवायु अंक
टिम्बो (Timbo) फ्रांसीसी पश्चिमी अफ्रीका (10° 40' उ०)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	72	76	81	80	77	73	72	72
वर्षा	0.0	0.0	1.0	2.4	6.4	9.0	12.4	14.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	72	73	72	71	74	9.7		
वर्षा	10.2	6.7	1.3	0.0	64.1	—		



चित्र 147

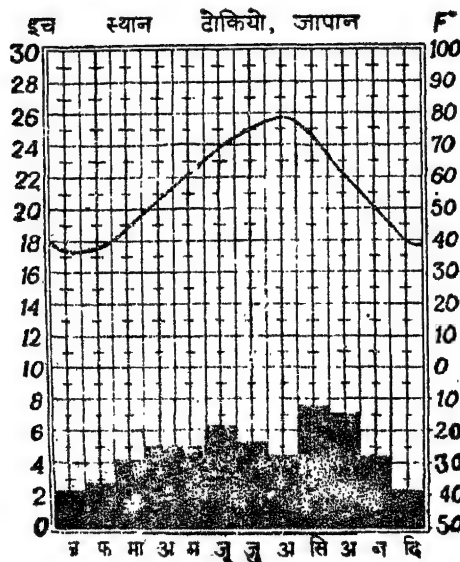
हवाएँ—भूमध्यसागरीय जलवायु की एक अन्य विशेषता यहाँ कई स्थानों पर चलने वाली स्थानीय हवाएँ हैं। भूमध्यसागरीय प्रदेश में उत्तरी अफ्रीका के मरुस्थलों में अत्यन्त गरम तथा शुष्क हवाएँ चलती हैं। ये बड़ी कष्टदायक होती हैं। इन्हें अल्जीरिया में सिराको, स्पेन में लेबेची व मिस्र में खामसिन कहते हैं। जब ये हवाएँ ऊँचे पठार से उतरती हैं तो बहुत अधिक गरम और शुष्क हो जाती हैं। कभी-कभी तापमान को 45° सें० तक पहुँचा देती हैं। इसी प्रकार दक्षिणी फ्रांस में ठण्डी मिस्ट्रल व एड्रियाटिक प्रदेशों में बौरा हवाएँ चलती हैं। दक्षिणी अफ्रीका, चिली व आस्ट्रेलिया के भूमध्यसागरीय प्रदेशों में भी इसी प्रकार की हवाएँ चलती हैं।

चीन तुल्य अथवा आर्द्र-उपोष्ण जलवायु (Humid Sub-tropical Climate) [Ca]

स्थिति—यह जलवायु भी उन्हीं अक्षांशों में स्थित है जिनमें भूमध्यसागरीय जलवायु पायी जाती है। यह जलवायु 30° से 45° अक्षांशों के बीच महाद्वीपों के पूर्वी तटों पर स्थित पायी जाती है। इसका सर्वाधिक विस्तार चीन में पाया जाता है। इसलिए इसको चीन तुल्य प्रदेश भी कहते हैं। चीन के अतिरिक्त इसका विस्तार कोरिया, दक्षिणी जापान, दक्षिणी-पूर्वी संयुक्त राज्य अमरीका, दक्षिणी ब्राजील और यूरेग्वे तथा दक्षिणी-पूर्वी आस्ट्रेलिया के तटीय भागों में मिलता है।

मध्यवर्ती अक्षांशों में महाद्वीपों के पूर्वी किनारों की यह जलवायु पश्चिमी किनारों की भूमध्यसागरीय जलवायु से भिन्न है। इन भागों में सममार्गी हवाओं द्वारा समान रूप से वर्षा होती रहती है। ग्रीष्म में मानसून का प्रभाव रहता है। विषुवत रेखा की ओर यह जलवायु उष्ण एवं आर्द्र जलवायु में लुप्त हो जाती है और आर्द्र अवस्थाएँ पश्चिमी किनारे की अपेक्षा अधिक दूर तक पायी जाती हैं। ध्रुवों की ओर भूमध्यसागरीय जलवायु आर्द्र पश्चिमी तटीय समुद्री जलवायु में मिल जाती है, परन्तु आर्द्र उपोष्ण जलवायु महाद्वीपों के भीतरी भागों की शुष्क प्रकार की जलवायु में मिलती है।

तापमान—तापमान में यह जलवायु भूमध्यसागरीय जलवायु से मिलती-जुलती है। किन्तु इनके



तटों पर गरम धाराएँ बहती हैं, इसलिए यहाँ कुहरे का अभाव रहता है। तटीय भाग गरम और आर्द्र बने रहते हैं। महाद्वीपों के भीतर की ओर जलवायु विषम हो जाती है। ग्रीष्म ऋतु का औसत तापमान 75° से 80° रहता है। तटों के समीप तापमान कम रहते हैं जैसे दक्षिणी गोलार्द्ध में। अन्यत्र तापमान काफी ऊँचे रहते हैं, विशेषतः एशिया और उत्तरी अमरीका में। ग्रीष्म का औसत तापमान चार्ल्सटन में 81° , शंघाई में 80° , ब्रिस्बेन में 77° , डर्बन में 77° और ब्यूनसआयर्स में 74° रहते हैं। यहाँ दैनिक उच्चतम तापमान 100° से 110° तक पाये जाते हैं।

चित्र 150

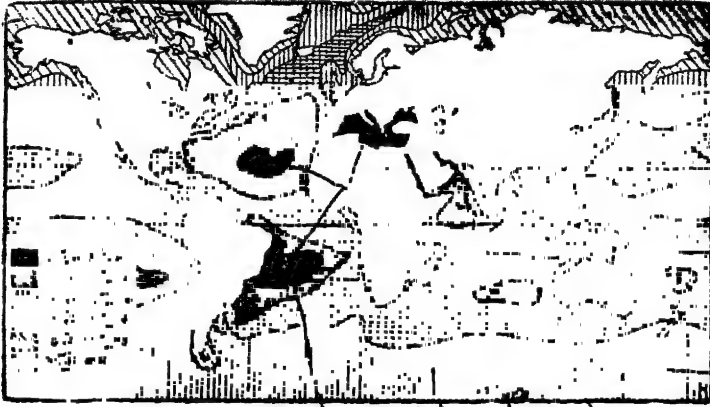
यहाँ केवल तापमान ही ऊँचे नहीं होते, अपितु वायु की निरपेक्ष और सापेक्ष आर्द्रता भी अधिक होती है। इस प्रकार ग्रीष्म में

खुले समुद्रों में जल की लवणता (Salinity in Open Seas)

भिन्न-भिन्न समुद्रों में जल की लवणता की भिन्नता के दो प्रमुख कारण हैं :

- (1) ताजे जल का निरन्तर प्राप्त होते रहना ।
- (2) वाष्प बनने की क्रिया ।

महासागरों में नमक का सबसे अधिक अनुपात (36%) कर्क और मकर रेखाओं के समीप पाया जाता है । इन रेखाओं के उत्तर और दक्षिण की ओर लवणता क्रमशः कम होती जाती है । अयनवृत्तीय भागों (tropical) में लवणता की अधिकता का कारण वाष्प बनने की तीव्रता है ।



चित्र 168—समुद्र-जल की लवणता का वितरण

ये भाग अधिक वायुदाब की पेटियों में स्थित हैं । जहाँ आकाश सदा स्वच्छ रहता है और सूर्य की किरणें बड़ी प्रखर होती हैं । धूप की तेजी से वाष्प अधिक बनती है । यहाँ से चलने वाली सन्मार्गी पवनें इस भाप को उठाकर अन्यत्र ले जाकर वर्षा करती हैं, परन्तु यह भाग स्वयं वर्षा से अभावग्रस्त रहते हैं । खुले समुद्रों में लवणता का सबसे अधिक अनुपात वायु के अधिक दाब वाले क्षेत्रों में ही पाया जाता है ।

भूमध्य रेखा के निकट जल की लवणता कम (34‰) होती है । यहाँ सूर्य की किरणें तेज होते हुए भी आकाश सदैव मेघाच्छन्न रहता है जिससे वाष्पीकरण क्रिया कम होती है । सदैव होती रहने वाली घनघोर वर्षा और विश्वविख्यात अमेजन, कांगो और नाइजर नदियों द्वारा समुद्र में बराबर स्वच्छ जल उँडेलते रहना आदि सब ऐसे कारण हैं जो यहाँ की लवणता को कम करने में योग देते हैं । वर्षा तथा नदियों का स्वच्छ हल्का पानी समुद्र-जल पर दूर-दूर तक तैरता रहता है और समुद्र-जल की लवणता को कम करने में सफल होता है ।

सन्मार्गी पवनों की पेटि से ध्रुवों की ओर बढ़ने पर समुद्र की लवणता क्रमशः कम होती जाती है । उत्तरी अर्ध महासागर में समुद्र-जल की लवणता 34‰ ही पायी जाती है । यहाँ लवणता कम होने का कारण यह है कि यहाँ के समुद्रों में ध्रुवों से स्वच्छ और ठण्डा पानी तथा बर्फ के बड़े-बड़े हिमखण्ड (Icebergs) आकर मिलते रहते हैं । ध्रुवीय सागरों में लवणता का अनुपात और भी कम होता जाता है । यहाँ लवणता का अनुपात 20‰ से 30‰ तक रहता है । इस प्रदेश में भाप बनने की शिथिलता, वर्षा की अधिकता, अधिक नदियों का समुद्र में प्रवेश तथा पिघलते हुए बर्फ के द्वारा स्वच्छ पानी का मिलते रहना आदि सब कारण मिलकर समुद्र-जल की लवणता को अधिक नहीं बढ़ने देते ।

20

महासागरीय निक्षेप (MARINE DEPOSITS)

वे समस्त पदार्थ जो समुद्र नितल पर एकत्र होते रहते हैं, महासागरीय निक्षेप कहलाते हैं। समुद्रों में ये निक्षेप कई साधनों से प्राप्त होते हैं। कुछ निक्षेप स्थल से नदियों, लहरों तथा हवा द्वारा अवसाद (sediments) रूप में प्राप्त होते हैं। कुछ निक्षेप समुद्री पौधों और जानवरों के अवशेष रूप होते हैं।

समुद्रों में अवसादों का निक्षेप बहुत बड़े परिमाण में होता है। अधिकांश अवसादी शैलों का जन्म, पूर्ववर्ती समुद्रों में अवसादों के निक्षेप द्वारा ही हुआ है। इसी प्रकार खड़िया (chalk)



चित्र 169—फोरामिनीफेरा

स्वच्छ जल में सूक्ष्म फोरामिनीफेरा (Foraminifera) के अवशेषों का निक्षेप-मात्र है। इसके विपरीत ग्रिट (grit) पत्थर समुद्रतट के निकट उथले पानी में बालू के मोटे कणों का निक्षेप है।

महासागरीय निक्षेप का वर्गीकरण

महासागरीय निक्षेप को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है :

- (1) भूमिज निक्षेप (Terrigenous deposits),
- (2) गम्भीरसागरीय निक्षेप (Pelagic deposits)।

(1) भूमिज निक्षेप—ये निक्षेप मुख्यतः महाद्वीपीय मग्नतट और मग्नढाल पर मिलते हैं। इन निक्षेपों में स्थल से प्राप्त पदार्थों की अधिकता रहती है। इनमें नदियों से प्राप्त अवसाद मुख्य होते हैं। अवसाद के साथ-साथ ज्वालामुखी पदार्थ और समुद्री जीव-जन्तु तथा पौधों के अवशेष भी विद्यमान रहते हैं। इन निक्षेपों में स्फटिक (Quartz) के कणों की मात्रा अधिक मिलती है। कई बार मग्नढालों पर गम्भीरसागरीय निक्षेप भी देखे जाते हैं।

(2) गम्भीरसागरीय निक्षेप—ये निक्षेप सामान्यतः अगाधसागरीय तल और महासागरीय गर्त में मिलते हैं। इन निक्षेपों में समुद्री जीव-जन्तुओं तथा पौधों के अवशेषों की प्रमुखता होती है। अन्य पदार्थों में ज्वालामुखी राख व क्षामक तथा उनसे उत्पन्न लोहा व एल्युमिनियम के सिलीकेट व लोहा-मैंगनीज मिश्रित कण मुख्य हैं।

महासागरीय निक्षेपों का वितरण

मग्नतट और मग्नढाल के निक्षेप—इन भागों के निक्षेप में उन पदार्थों की अधिकता होती है जो नदियाँ धरातल से बहाकर लाती हैं। समुद्री लहरों के प्रभाव से तटों के अपरदित पदार्थ भी इसमें मिले रहते हैं। प्रायः स्थूल पदार्थ तट के समीप और सूक्ष्म पदार्थ तट से दूर पाये जाते हैं। पदार्थों की आकार के अनुसार छँटनी होती रहती है। पहले किनारों से टूटकर गिरने वाले शिलाखण्ड, फिर बट्टड़, कंकड़, बालू तथा अन्त में पंक रहता है। इस प्रकार पदार्थों के निक्षेप में क्रम बना रहता है—स्थूल पहले और सूक्ष्म बाद में। किन्तु जिस दूरी तक ये पदार्थ यात्रा करते हैं वह इनके आकार पर ही निर्भर नहीं करता वरन् लहरों तथा धाराओं की तीव्रता भी उसको प्रभावित करती है। लहरों की शक्ति घटती-बढ़ती रहती है इसलिए पदार्थों की छँटनी भी कभी पूर्ण नहीं होती। इन पदार्थों का सूक्ष्म से सूक्ष्म भाग कभी मग्नढाल से परे नहीं पहुँच पाता। यहाँ मुख्यतः तीन प्रकार के पदार्थों के निक्षेप होते हैं :

(1) स्थलीय पदार्थों के निक्षेप—मग्नतट और मग्नढाल के निक्षेप में अधिकतर बालू और पंक ही देखा जाता है। बालू धरातल के अपरदन से प्राप्त होता है और उसमें उन सभी शैलों तथा खनिजों के कण होते हैं जो कि भूमि की रचना करते हैं। इसके अधिकतर कण कठोर स्फटिक के होते हैं जो रासायनिक परिवर्तन से कम प्रभावित होते हैं। परन्तु कुछ कण मुलायम और शीघ्र क्षय होने वाले होते हैं जो पंक के निर्माण में योग देते हैं।



चित्र 170—महासागरीय निक्षेपों का वितरण

पंक में बालू से भी सूक्ष्म पदार्थ रहते हैं। इसमें अधिकतर सूक्ष्म खनिज तत्त्व एवं बड़ी मात्रा में चिकनी मिट्टी मिली हुई रहती है। समुद्रों में निम्न प्रकार के पंकों का निक्षेप देखा जाता है :

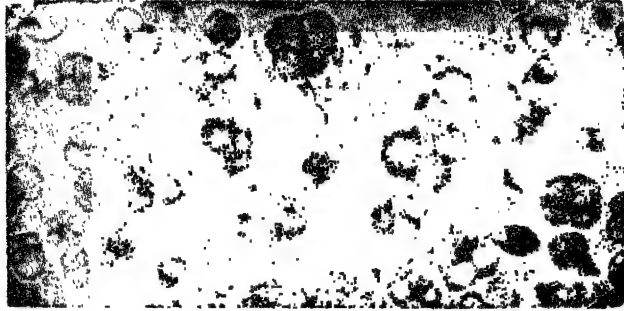
(क) नील पंक (Blue Mud)—यह पंक लगभग सभी समुद्रों में पाया जाता है। यह मुख्यतः तटों के समीप उथले समुद्री भागों में मिलता है। किन्तु जहाँ कहीं नदी का तीव्र धारा समुद्र में प्रवेश करती है वहाँ यह किनारों से 400-500 मील की दूरी तक फैला हुआ पाया

तत्त्वों से बनी होती है। अतः ऊज अथवा पंक को भी चूना प्रधान (calcareous) और सिलिका-प्रधान (siliceous) दो भागों में बाँटा गया है। चूना-प्रधान पंक की रचना मुख्यतः फोरामिनी-फेर द्वारा होती है। सिलिका-प्रधान पंक डायमट व रेडियोलेरिया जीवों से बनता है। पी० लेक ने गम्भीरसागरीय निक्षेप (pelagic deposits) को निम्न प्रकार से विभाजित किया है :¹

कार्बनिक निक्षेप (Organic deposits)	{	चूना प्रधान	{ ग्लोबिजेरिना पंक टेरोपोड पंक डायमट पंक रेडियोलेरियन पंक
अकार्बनिक निक्षेप (Inorganic deposits)		सिलिका प्रधान लाल मृत्तिका (Red Clay)	

कार्बनिक निक्षेप (Organic Deposits)

ग्लोबिजेरिना पंक (Globigerina Ooze)—इस पंक में ग्लोबिजेरिना व अन्य जीवों के घुलनशील शारीरिक खोल रहते हैं। ये सब चूना-प्रधान होते हैं। ग्लोबिजेरिना का आकार पिन की नोक के सदृश बहुत ही सूक्ष्म होता है। इन्हीं की प्रधानता के कारण इस पंक को ग्लोबिजेरिना पंक कहा जाता है। जब इस पंक को सुखाया जाता है तो यह मटमैले सफेद चूर्ण के समान प्रतीत होता है। इसमें अधिकांशतः चूना पाया जाता है जो जीवों तथा अन्य प्राणिज अवशेषों, धातु अंश एवं लाल मृत्तिका द्वारा बना होता है।



चित्र 171—ग्लोबिजेरिना पंक

साधारणतः ग्लोबिजेरिना जीव 1500 से 2000 फीट गहराई के मध्य पाया जाता है। परन्तु इसकी कोई निश्चित सीमा नहीं है। जहाँ कहीं भूमिज पदार्थों का अभाव पाया जाता है वहाँ ये कम गहराई पर भी मिल जाते हैं। गहराई के साथ ये सामान्यतः लुप्त होते जाते हैं, किन्तु अन्ध महासागर में कहीं-कहीं ये 5000 फीट की गहराई तक भी पाये जाते हैं।

यह पंक उष्ण और शीतोष्ण कटिबन्ध के गरम जल में अधिक विकसित होता है। ठण्डे ध्रुवीय सागरों में यह कम मिलता है। इसका सर्वाधिक विस्तार अन्ध महासागर में पाया जाता है। यहाँ इनका विस्तार 72° उत्तरी अक्षांश से 60° दक्षिणी अक्षांश तक मिलता है। उत्तर की ओर अधिक विस्तार होने का कारण उष्ण समुद्री धाराओं का प्रभाव है। हिन्द महासागर में यह एशिया व आस्ट्रेलिया महाद्वीपों के मग्नतटों के पूर्वी भागों को छोड़कर सर्वत्र मिलता है। प्रशान्त

1. P. Lake : Physical Geography, p. 215

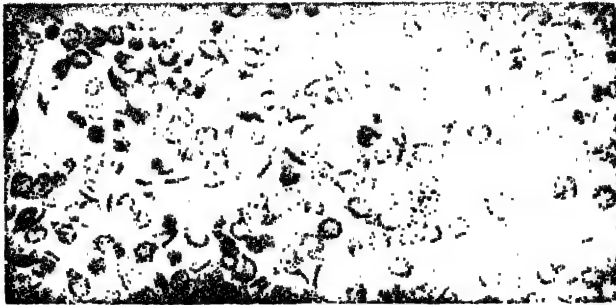
महासागर से यह पूर्वी भाग में अधिक मिलता है। यह पंक महासागरीय गतों में बिलकुल नहीं पाया जाता।

टेरोपोड पंक (Pteropod Ooze)—इस पंक में टेरोपोड नामक जीवों की अधिकता पायी जाती है। इसके शारीरिक ढाँचे पतले, नुकीले और शीघ्र टूटने वाले होते हैं। इनकी लम्बाई आधे इंच से पौन इंच तक होती है। इनका शरीर चूने से बना होता है। अतः यह पंक चूना-प्रधान होता है।

ऐसा देखा गया है कि जिन स्थानों पर सतह का पानी गरम होता है और वार्षिक तापान्तर भी अधिक नहीं होता, वहाँ ये जीव बहुत शीघ्र बढ़ते हैं। अतः इनका विकास उष्ण कटिबन्धीय तथा उपोष्ण कटिबन्धीय समुद्रों में ही होता है। प्रायः ये जीव स्थल से दूर छिछले-जल में पनपते हैं, इसलिए यह पंक सामान्यतः 800 से 1500 फँदम गहराई तक पाया जाता है। कहीं-कहीं यह कम गहराई पर भी दृष्टिगोचर होता है। इसके निक्षेप समुद्र-तल से ऊपर उठे हुए पठार एवं पहाड़ियों पर अधिक मिलते हैं। मध्य अटलाण्टिक की पहाड़ी पर यह कई स्थानों पर पाया जाता है। भूमध्य सागर और प्रशान्त महासागर के पश्चिमी और मध्यवर्ती क्षेत्रों में प्रवाल द्वीपों के आसपास यह दो-तीन टुकड़ों में मिलता है। यह पंक लगभग 5 लाख वर्गमील में फैला हुआ है। सूख जाने पर यह खुरदरे, श्वेत चूर्ण के सदृश प्रतीत होता है। मिश्रण के फलस्वरूप यह पंक धीरे-धीरे ग्लोबिजेरिना पंक में परिवर्तित हो जाता है।

डायटम पंक (Diatom Ooze)—यह पंक डायटम नामक जीवों तथा रेडियोलेरिया के ढाँचों, स्पंज के नुकीले भागों और मृत्तिका के कुछ मिश्रण से बना होता है। यह पंक सिकता-प्रधान होता है और सामान्यतः 600 से 2000 फँदम गहराई तक पाया जाता है। कभी-कभी यह 4000 फँदम गहराई तक भी मिलता है। डायटम जीव ठण्डे समुद्रों में पनपते हैं, इसलिए इनका विस्तार मुख्यतः प्रशान्त महासागर में अलास्का से लेकर जापान तक अथाह सागरों वाली पेटी और दक्षिणी ध्रुव महासागर में अण्टार्कटिक महाद्वीप के चारों ओर भूमिज निक्षेप की पेटी के बाहर एक चौड़ी मेखला के रूप में मिलता है। इन दोनों क्षेत्रों में समुद्र के ऊपर उठने के फलस्वरूप डायटम जीवों के लिए बड़ी मात्रा में खाद्य-पदार्थ प्राप्त होता है। उत्तरी अमरीका के पश्चिमी-तट पर केलीफोर्निया की खाड़ी भी इसका एक क्षेत्र है, जहाँ पर जल स्त्रय लाल दिखाई पड़ता है। इसीलिए इस खाड़ी को लाल सिन्दूर सागर (Vermillion Sea) कहा जाता है।

रेडियोलेरियन पंक (Radiolarian Ooze)—यह पंक लाल मृत्तिका का ही एक रूप है। इसमें रेडियोलेरिया और डायटम जीवों के ढाँचे और मृत्तिका पायी जाती है। यह भी एक



चित्र 172—रेडियोलेरियन पंक

सिलिका-प्रधान पंक है। इसके जीव सदैव गहरे समुद्रों में मिलते हैं, अतः यह पंक सामान्यतः

परिभ्रमण के कारण ही सम्भव है। धाराओं की दिशा पर चन्द्रमा के आकर्षण का प्रभाव भी होना माना गया। बाद में धाराओं की उत्पत्ति के लिए तापमान का अन्तर एवं स्थायी हवाओं को उत्तरदायी ठहराया गया। वर्तमान समय में समुद्र-विज्ञान की बड़ी प्रगति हुई है, जिससे इस विषय पर अधिक प्रभाव पड़ा है। आजकल समुद्र-विज्ञान के नये परिवेश में धाराओं की उत्पत्ति के लिए निम्न कारणों को स्वीकार किया गया है :

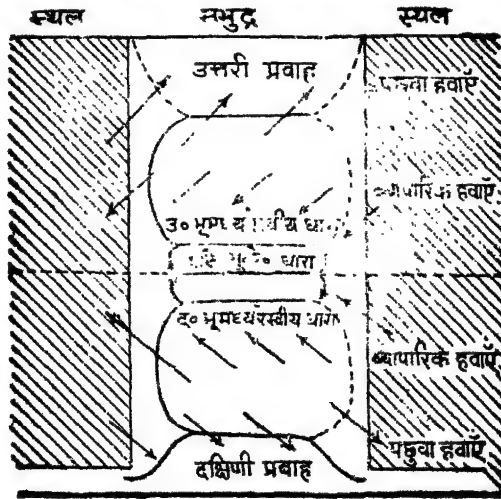
- (1) पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण एवं परिभ्रमण,
- (2) वायुदाब और हवाएँ,
- (3) वाष्पीकरण और वर्षा,
- (4) घनत्व में अन्तर,
- (5) तापमान की भिन्नता,
- (6) महाद्वीपों का आकार।

(1) पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण एवं परिभ्रमण—पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से अभिकेन्द्र बल (centripetal force) और परिभ्रमण के कारण अपकेन्द्र बल (centrifugal force) की उत्पत्ति होती है। अभिकेन्द्र बल से पृथ्वी की समस्त वस्तुएँ केन्द्र की ओर आकर्षित होती हैं और अपकेन्द्र बल से प्रत्येक वस्तु पृथ्वी से बाहर की ओर खिंचती है। पृथ्वी एक धुरी पर परिभ्रमण करती है। परिभ्रमण करते समय सबसे बड़ा वृत्त विषुवत रेखा के निकट होता है। अतः अभिकेन्द्र बल विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर बढ़ता जाता है। समुद्रों में गहराई के साथ भी गुरुत्व में वृद्धि होती जाती है। समुद्रों के भीतर गुरुत्व में इस वृद्धि का जल की गति पर निश्चित प्रभाव होता है।

पृथ्वी अपनी धुरी पर निरन्तर पश्चिम से पूरब को परिभ्रमण करती रहती है। महासागरों का जल तरल होने से वह ठोस पृथ्वी की गति की समानता नहीं कर सकता। अतः महासागरीय जल में शनैः-शनैः पश्चिम की ओर गति उत्पन्न हो जाती है जो धारा का रूप ले लेती है। विपरीत विषुवतरेखीय धारा जो पश्चिम से पूर्व की ओर प्रवाहित होती है, बहुत कुछ पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कारण ही उत्पन्न होती है।

पृथ्वी के परिभ्रमण से समुद्र जल में विक्षेप (deflection) उत्पन्न होता है। फलस्वरूप समुद्र का गतिशील जल उत्तरी गोलार्द्ध में दाहिनी ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में बायीं ओर घूम जाता है। इसी विक्षेप से महासागरों के मध्य में भँवर (eddy) की उत्पत्ति होती है।

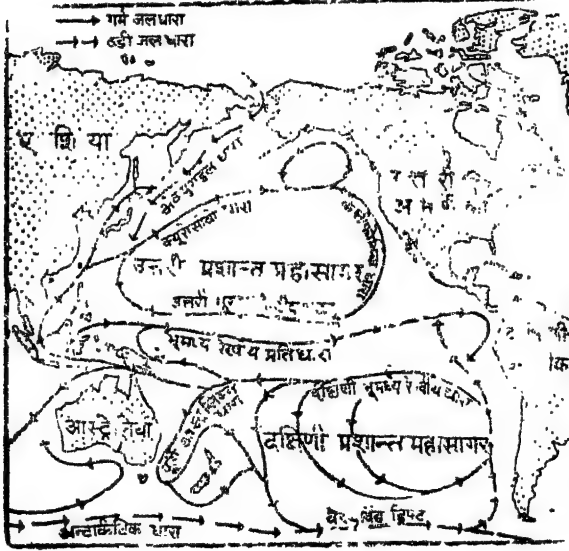
(2) वायुदाब और हवाएँ—हम जानते हैं कि समुद्र-तल पर वायु का प्रति वर्ग इंच लगभग 15 पौण्ड दाब



चित्र 179—धाराओं का प्रचलित पत्रों से सम्बन्ध

पड़ता है। किन्तु वायु का दाब घरातल पर सर्वत्र समान नहीं है। कहीं अधिक वायुदाब और कहीं कम वायुदाब मिलता है। वायुदाब की इस भिन्नता का समुद्र-जल की सतह पर भी प्रभाव होता है। वायु के दबाव से समुद्र-जल उसी प्रकार नीचे दबता है जिस प्रकार वायुदाबमापी में पारा अधिक दबाव से नीचे दबता है। अतः कम वायुदाब वाले समुद्री क्षेत्रों में जल की सतह ऊँची

है तो सन्मार्गी हवाओं के प्रभाव से उत्तर की ओर मुड़ जाती है। फिर दक्षिणी मध्यचीन के सहारे बहती हुई जापान के पूर्वी तट को पहुँचती है। यहाँ इसे क्यूरोशिवो धारा कहते हैं। इसका रंग गहरा नीला होने के कारण जापानी लोग इसे काली धारा (Black Stream of Japan) भी



कहते हैं। जापान-तट के सहारे बहती हुई यह क्यूराइल द्वीपसमूह के पास क्यूराइल नामक ठण्डी धारा से मिल जाती है। यहीं यह पछुवा हवाओं के प्रभाव में आ जाने से पूर्व को मुड़ जाती है। यहाँ से धारा का विस्तार बहुत अधिक हो जाता है और यह उत्तरी प्रशान्त प्रवाह (North Pacific Drift) कहलाने लगती है। यह प्रवाह पूर्व को बहता हुआ उत्तरी अमरीका के पश्चिमी-तट से जा लगता है। वैकुअर द्वीप के निकट यह दो भागों में विभक्त हो जाती है। एक शाखा उत्तर की ओर अलास्का तट के सहारे बहती हुई पुनः उत्तरी प्रशान्त प्रवाह में

मिल जाती है। इस उत्तरी शाखा को अलास्का की धारा कहते हैं। दक्षिण की ओर जाने वाली धारा कैलिफोर्निया की ठण्डी धारा से मिल जाती है।

(3) सुशीमा धारा (Tsushima Current)—क्यूरोशिवो धारा की एक शाखा जापान के पश्चिमी तट के सहारे उत्तर में जापान सागर में चली जाती है जो सुशीमा धारा के नाम से प्रसिद्ध है।

(4) अलास्का की धारा (Alaskan Current)—उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट पर पहुँचने पर उत्तरी प्रशान्त महासागरीय प्रवाह की एक शाखा अलास्का की खाड़ी में चली जाती है। यहाँ यह धारा पश्चिम की ओर अलास्का के तट के साथ बहती है। इसी को अलास्का की धारा कहते हैं। गरम धारा होने से यह तट को गरम बनाये रखती है।

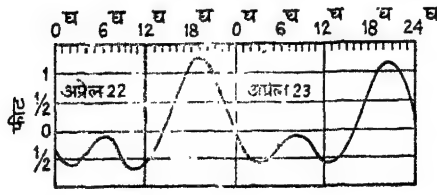
(5) क्यूराइल जलधारा—यह एक ठण्डी जलधारा है जो बैरिंग जलडमरूमध्य से होती हुई दक्षिणी साइबेरिया-तट के साथ बहती है और क्यूराइल द्वीपसमूह के निकट क्यूरोशिवो गरम धारा से मिल जाती है। इसे ओयाशियो धारा भी कहते हैं।

(6) कैलिफोर्निया जलधारा—यह एक ठण्डी धारा है जो यहाँ ध्रुव से प्राप्त ठण्डे जल के ऊपर उठने से उत्पन्न होती है। वस्तुतः यह उत्तरी प्रशान्त प्रवाह की दक्षिणी शाखा का ही भाग है। यह कैलिफोर्निया के पश्चिमी तट के साथ बहकर दक्षिण में उत्तरी भूमध्यरेखीय धारा से मिल जाती है।

उपरोक्त सब धाराओं से उत्तरी प्रशान्त महासागर में एक पूरा चक्र बन जाता है।

(7) दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा—यह एक गरम धारा है जो दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के कारण उत्पन्न होती है। यह धारा दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी-तटों से पश्चिम की ओर आस्ट्रेलिया को जाती है। न्यूगिनी द्वीप के समीप यह दो भागों में विभक्त हो जाती है।

(7) मिश्रित ज्वार-भाटा (Mixed Tides)—जब किसी समुद्र में दैनिक तथा अर्द्ध-



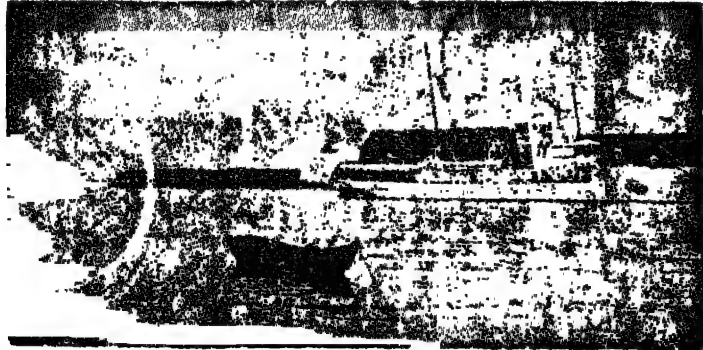
चित्र 197—मिश्रित ज्वार-भाटे की ऊँचाई और अन्तर (होनोलूलू में)

ज्वार-भाटे पर भौगोलिक बातों का प्रभाव

उपरोक्त विवरण से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि किसी स्थान पर ज्वार उसी समय आना चाहिए जबकि चन्द्रमा उस स्थान के ठीक सामने पड़ता हो। इसके अतिरिक्त उस स्थान के देशान्तर पर स्थित सभी स्थानों पर ज्वार का समय भी एक ही हो। साथ-साथ यह भी आशा की जाती है कि ज्वार की लहर पूरब से पश्चिम को चन्द्रमा के साथ-साथ आगे बढ़ती जाय, किन्तु व्यवहार में ऐसा कभी नहीं होता। लिवरपूल और लीथ दोनों ही ग्रीनविच के 3° पश्चिम में स्थित हैं, परन्तु दोनों स्थानों के ज्वार के समय में 3 घण्टे का अन्तर रहता है। अन्ध महासागर में ज्वार की लहर पूरब से पश्चिम की अपेक्षा सदैव पश्चिम से पूरब की ओर ही चला करती है। ज्वार-भाटे के इस विपरीत व्यवहार के कई कारण हैं। ज्वार की लहर, ज्वार की ऊँचाई और ज्वार के समय पर समुद्रतट की बनावट, समुद्र की गहराई और समुद्र के घरातल का गहरा प्रभाव पड़ता है।

(1) ज्वार की लहर—ज्वार की लहर पर महाद्वीपों की बनावट का अभूतपूर्व प्रभाव पड़ता है। पृथ्वी यदि चारों ओर जल से घिरी हुई होती तो ज्वार की लहर पूर्व से पश्चिम को अबाध रूप से चक्कर लगाया करती। परन्तु उत्तर से दक्षिण को फैले हुए महाद्वीप जगह-जगह ज्वार की लहर के बीच अवरोध खड़े कर देते हैं, जिससे ज्वार की लहर एक हिलोर के रूप में पृथ्वी का चक्कर न लगाकर, भिन्न-भिन्न समुद्रों में भिन्न-भिन्न रूप से ज्वार उत्पन्न करती है।

(2) ज्वार की ऊँचाई—ज्वार की ऊँचाई और उसकी गति पर समुद्र की गहराई और उसकी तली का अत्यधिक प्रभाव देखा जाता है। समुद्र सभी जगह समान रूप से गहरा नहीं है।

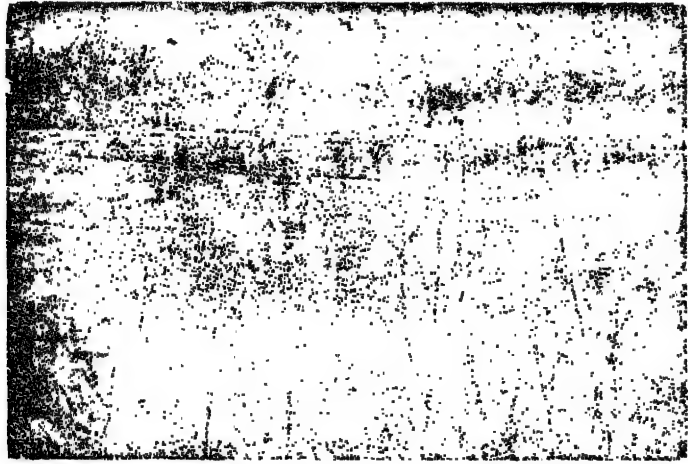


चित्र 198—फण्डी की खाड़ी (ज्वार के समय)

कहीं वह छिछला ओर कहीं गहरा है। समुद्र की तली भी इसी तरह ऊँची-नीची है। पहाड़ियाँ,

क्रम लग जायेगा। ऐसा प्रायः उस समय होता है जबकि ज्वार-लहर किसी नदी के मुहाने पर पहुँच जाती है। नदी के संकीर्ण मुँह तथा तेज प्रवाह के कारण ज्वार-लहर आगे बढ़ने से रुक जाती है और जल की वहाँ एक दीवार खड़ी हो जाती है। ज्वार की शक्ति से जल की यह दीवार नदी में आगे धुस जाती है और प्रवाह उल्टा हो जाता है। जल की इसी ऊँची दीवार को ज्वार-भीति (Tidal Bore) कहा जाता है।

संसार की अनेक नदियों में इस प्रकार की ज्वार-भीति (tidal bore) आया करती है। हुगली नदी में प्रायः नियमित रूप से ऐसी ऊँची ज्वार-भीति आया करती है, जिससे बड़े-बड़े जहाज कलकत्ता के बन्दरगाह तक पहुँच जाते हैं। जब किसी नदी की धारा की चौड़ाई अपने मुहाने से उद्गम स्थान की ओर एकसी होती है अर्थात् उसकी चौड़ाई धीरे-धीरे घटती है तो घर्षण (friction) के कारण ज्वार की ऊँचाई धीरे-धीरे कम होती जाती है। उदाहरणतः, मोलमीन नदी में जनवरी में एमहर्स्ट नामक स्थान पर ज्वार की ऊँचाई 19 फुट और 5 फुट के बीच में और इसी महीने में मोलमीन नामक स्थान पर 10 से 5 फुट के बीच रहती है। वर्षाऋतु

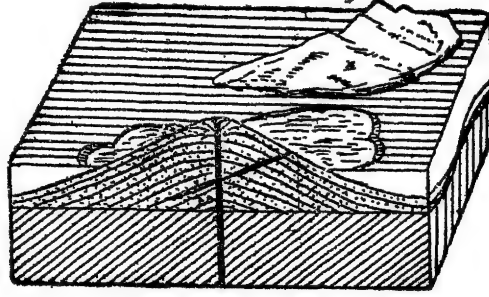


चित्र 201—सेवर्न नदी में ज्वार-भीति

के सितम्बर मास में जबकि नदियाँ बाढ़ से पूर्ण रहती हैं, एमहर्स्ट स्थान पर ज्वार की ऊँचाई 22 से 5 फुट और मोलमीन में 12 से 3 फुट तक रहती है। थेम्स नदी में ज्वार की औसत ऊँचाई शीरनेस (Sheerness) पर 20 फुट, लन्दन-ब्रिज पर 15 फुट और क्यू-ब्रिज पर 7 फुट रहती है। इसके विपरीत, जब नदी की धारा की चौड़ाई एकदम घट जाती है तो ज्वार की ऊँचाई उसके मुहाने से उद्गम की ओर बढ़ती जाती है। इस प्रकार ब्रिस्टल की धारा (Bristol Channel) के मुहाने पर ज्वार की ऊँचाई लगभग 18 फुट, स्वान सी (Swan Sea) पर 30 फुट और चेपस्टो (Chepstou) पर करीब 50 फुट होती है। शुष्क महीनों में अर्थात् मार्च से मई के बीच हुगली नदी में ज्वार की ऊँचाई सागर द्वीप पर 11 फुट से 4 फुट, डायमण्ड बन्दरगाह पर 15 से 7 फुट और किडरपुर पर 15 से 7 फुट तक रहती है। लेकिन वर्षाऋतु के सितम्बर मास में जब नदी में बाढ़ आती है तो ज्वार की ऊँचाई सागर द्वीप पर 18 से 4 फुट, डायमण्ड बन्दरगाह पर 20 से 7 फुट और किडरपुर पर 16 से 4 फुट के बीच रहती है।¹ चीन की बांग्दिसी-

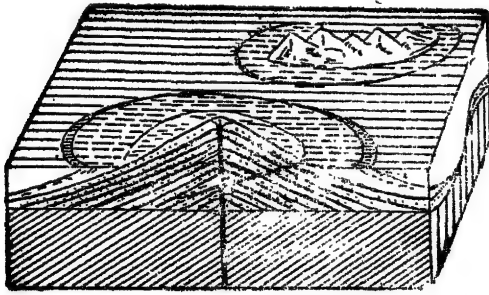
जीव नहीं रहते हैं, क्योंकि यहाँ इनको भोजन-सामग्री प्राप्त नहीं होती। भित्ति का ढाल समुद्र की ओर तीव्र एवं स्थल की ओर मन्द रहता है। फ्लोरिडा, अण्डमान व निकोबार द्वीप के निकट ऐसी भित्तियाँ देखी जाती हैं।

(2) अवरोधक प्रवाल भित्ति (Barrier Reef)—जो प्रवाल समुद्रतट से कुछ दूर हटकर बनी होती है, उसे अवरोधक प्रवाल भित्ति कहते हैं। ये तट के समान्तर काफी लम्बाई में एक भित्ति के रूप में बनी होती हैं। चौड़ाई में भी ये बहुत होती हैं। इनकी चौड़ाई 1000 फुट तक हो सकती है। इनके बीच अनेक घाटियाँ भी हो सकती हैं। इन भित्तियों और तट के मध्य



चित्र 202—तटीय प्रवाल भित्ति

चौड़े तथा गहरे अनूप होते हैं। कभी-कभी ये अनूप तीन-चार मील तक चौड़े तथा 250 फुट तक गहरे भी देखे जाते हैं। इन भित्तियों का प्रसार बाहर की ओर अधिक नहीं होता। कभी-कभी एक भित्ति के सहारे दूसरी भित्ति भी बन जाती है। जब कभी ये समुद्र-जल की सतह से ऊपर उठ जाती हैं तो बाहर दृष्टिगोचर होने लगती हैं। विद्वानों की मान्यता है कि इन भित्तियों की रचना निम्न आधार पर हुई है या इनके



चित्र 203—अवरोधक प्रवाल भित्ति

निर्माण के बाद समुद्र की गहराई बढ़ गयी है।

संसार में अवरोधक प्रवाल भित्तियाँ कई स्थानों पर मिलती हैं। सबसे बड़ी अवरोधक भित्ति



चित्र 204—ग्रेट बैरियर रीफ (ऑस्ट्रेलिया)

सकते, क्योंकि उनके अपने वातावरण की वे सीमाएँ और विभिन्न आकार तथा पैदावार वाले प्रदेशों की उनसे दूरी उनको किसी के लाभ उठाने का मौका नहीं देती ।

समुद्र-जल में प्रवाल भित्तियों की कुछ ही ऊँचाई के कारण उनको हमेशा भूकम्प की लहरों द्वारा द्वीप के पददलित हो जाने का डर रहता है । कभी-कभी खुले समुद्रों से बिना बाधित आने वाले भयंकर तूफानों (हरीकेनों) का भी प्रकोप हो जाता है जिससे भीषण लहरें तटों पर तांडव नृत्य उपस्थित कर देती हैं । तूफान के साथ आने वाली हवाएँ एक के बाद एक नारियल के पेड़ों को धराशायी कर देती हैं जो कि उनके जीवन का एकमात्र अवलम्ब होता है । उनके भोजन तथा छोटी-मोटी अनेक कलात्मक वस्तुओं की आवश्यकताएँ उन्हीं से पूरी होती हैं । इन द्वीपों पर नदी-नाले नहीं होते, अतः उन्हीं पीने के पानी का बड़ा भारी कष्ट रहता है । वर्षा का जल ही इनका सहारा रहता है जो कि छोटे-छोटे खड्डों आदि में भर जाता है । परन्तु शुष्क मौसम में फिर जल की बड़ी समस्या खड़ी हो जाती है । बरमूडा (Bermuda) जैसे द्वीपों में जहाँ काफी आबादी है, पानी की बड़ी कठिनाई रहती है । अभी हाल में वहाँ कुछ कुएँ खोदे गये हैं ।

यहाँ भूमि पर मिट्टी की बहुत हल्की परत पायी जाती है, अतः मिट्टी में बहुत ही कम उपजाऊ तत्त्व होते हैं । इसलिए भूमि किसी भी उपज के लिए अच्छी नहीं होती । ज्वालामुखी उभाड़ से निकले झामक (pumic) प्रायः तटों पर आकर एकत्रित हो जाते हैं ।

कुछ लोगों ने तैरते हुए झामक (pumic) (जो कि प्रायः तटों पर आकर एकत्रित हो जाते हैं) को एकत्रित करना और उनका अपने छोटे खेतों में खाद के रूप में प्रयोग करना सीख लिया है । मछलियों के अवशेष और समुद्री घास (sea weed) का भी इसी तरह प्रयोग होता है और यहाँ केले, टमाटर आदि कुछ फल पैदा हो जाते हैं ।

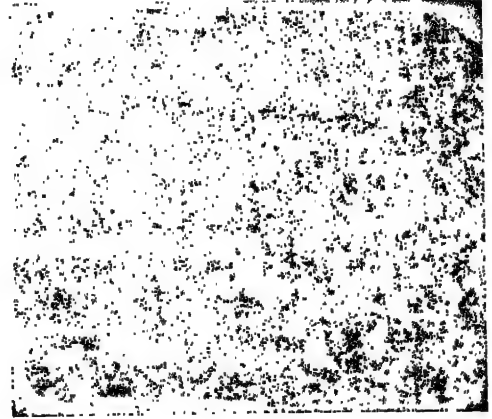


चित्र 212—प्रशान्त महासागर की हो एटोल

कभी-कभी अन्य स्थानों से तैरकर आये हुए पेड़ और लट्ठों के साथ कंकड़, पत्थर लगे रहते हैं । अतः यहाँ के सब निवासी सदा इन तैरती हुई जड़ों और वनस्पति चीजों को ढूँढ़ने में लगे रहते हैं, जिससे वे उन पत्थरों को प्राप्त कर सकें । पत्थरों के द्वारा ये लोग अपने औजार और हथियार बनाते हैं । कुछ द्वीपों में तो ऐसी वस्तुओं की खोज राज्य करने वाले राजा की सम्पत्ति समझी जाती है ।¹

1 A. K. Loback : *Geomorphology*

(Magma) कहते हैं। जब किसी कारणवश यह मैग्मा उमड़ता है तो उसकी कुछ मात्रा धरातल पर बाहर आ जाती है और कुछ भीतर ही रह जाती है। अतः जो द्रव-पदार्थ पृथ्वी के गर्भ में ही जमकर ठोस हो जाता है उसे अन्तर्भेदी चट्टान कहा जाता है। भू-गर्भ में बनने के कारण ये चट्टानें बहुत धीरे-धीरे ठण्डी होती हैं। अतः इनमें बनने वाले रवे बहुत बड़े आकार के होते हैं। ग्रेनाइट, स्फटिक तथा फ़ेल्सपार इस प्रकार की चट्टानों के विशिष्ट उदाहरण हैं। भू-पटल के उत्थापन अथवा अपरदन के बाद ही ये चट्टानें भूमि के ऊपर दृष्टि-गोचर होती हैं।



चित्र 225—ग्रेनाइट शैल (आग्नेय चट्टान)

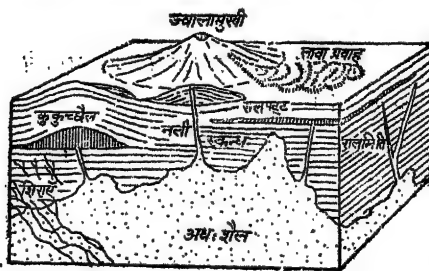
पृथ्वी के आन्तरिक भाग का पिघला हुआ पदार्थ जब कतिपय कारणों से बाहर निकलने को प्रेरित होता है तो वह पृथ्वी के कमजोर स्थलों को फोड़कर भारी विस्फोट के साथ धरातल पर बाहर आता है। भू-गर्भ से निकलने वाले इस द्रव-पदार्थ को लावा (Lava) कहते हैं।

प्रायः धरातल पर लावा का उभाड़ ज्वालामुखी अथवा अन्य विवरों द्वारा होता है। भू-गर्भ से धरातल की ओर आने वाला यह लावा भिन्न-भिन्न अवस्थाओं में शीतल होता है। ये अवस्थाएँ निम्न हैं :

- (1) लावा बिना ऊपर उठे अपने आधार-स्थल में ही शीतल हो जाता है।
- (2) भू-पटल की ओर अग्रसर होते समय मार्ग में प्राप्त सन्धियों अथवा संस्तरण-तलों (bedding planes) में ही जम जाता है।
- (3) भू-गर्भ से निकलकर धरातल पर घनीभूत हो जाता है।

इस प्रकार लावा के भिन्न भिन्न अवस्थाओं और भिन्न-भिन्न गहराइयों में शीतल होने के कारण उसमें लगने वाला समय भी भिन्न होता है। लावा के शीतल होने की अवधि के आधार पर अन्तर्भेदी आग्नेय चट्टानों को तीन उप-भागों में बाँटा जा सकता है :

(1) पातालीय चट्टानें (Plutonic Rocks)—‘प्लूटो’ (Pluto) यूनानी भाषा का एक शब्द है जिसका अर्थ ‘पाताल देवता’ है। उसी से ‘प्लूटोनिक’ (Plutonic) शब्द बना है। अतः



जो लावा भू-पटल पर बाहर न आकर भू-गर्भ की अतल गहराई में ही जमकर ठोस हो जाता है तो ऐसी चट्टानों को पातालीय चट्टानें (Plutonic rocks) कहा जाता है। अधिक गहराई में शीतल होकर जमने के कारण इन चट्टानों के निर्माण में बहुत अधिक समय लगता है अतः इनमें बनने वाले स्फाट (crystal) बहुत बड़े आकार के होते हैं। भू-गर्भ की इन पूर्णरूप से स्फाटीय चट्टानों का सबसे अच्छा उदाहरण

चित्र 226—आग्नेय चट्टानों के विभिन्न रूप ग्रेनाइट है।

होती है। ये ठोस पिण्ड रूप में उपलब्ध होती हैं। इनके ऊपर ऋतु-अपक्षय (weathering) का बहुत कम प्रभाव होता है। अतः इन चट्टानों का इमारतों के निर्माण में उपयोग किया जाता है। ग्रेनाइट इसी प्रकार की चट्टान है। इन चट्टानों में बालू सिलिका की मात्रा अधिक होती है, अतः इनका पिघला हुआ पदार्थ शीघ्र जम जाता है। फलस्वरूप इनसे पर्वतों की रचना होती है।

(ब) पैठिक आग्नेय चट्टानें (Basic Igneous Rocks)—इन चट्टानों में सिलिका की मात्रा अम्ल चट्टानों से कम होती है। जब आग्नेय चट्टानों में सिलिका की मात्रा 45 से 55 प्रतिशत तक होती है तो उन्हें पैठिक आग्नेय चट्टानें कहते हैं। जिन चट्टानों में सिलिका की मात्रा 45 प्रतिशत से भी कम होती है तो उन्हें अति-पैठिक आग्नेय चट्टानें (ultra-basic igneous rocks) कहा जाता है।

ये चट्टानें अम्ल चट्टानों से भारी होती हैं। अतः ये पृथ्वी के सीमा वाले भाग में मिलती हैं। इन चट्टानों में क्षार पदार्थ का अभाव होता है। इनमें लोहे के ऑक्साइड, एल्यूमीनियम एवं चूने की अधिकता होती है। इनका रंग गहरा और काला होता है। इन चट्टानों में बालू और सिलिका की मात्रा कम होती है जिससे पिघली हुई अवस्था में ये चट्टानें बहुत देर से जमती हैं। विलम्ब से जमने के कारण ये धरातल पर फैल जाती हैं और इनसे पर्वतों की रचना नहीं होती। इसके विपरीत ये पठारों की रचना करती हैं। दकन का पठार, आस्ट्रेलिया का पठार और अबीसीनिया का पठार इसके उदाहरण हैं। बेसाल्ट मुख्य पैठिक चट्टान है। यह ग्रेनाइट से अधिक ऊँचे तापमान पर पिघलती है, परन्तु यह ऋतु-अपक्षय से बहुत शीघ्र और अधिक प्रभावित होती है। ये चट्टानें शीघ्र टूट जाती हैं इसीलिए भवन-निर्माण में इनका बहुत कम उपयोग होता है।

प्रमुख आग्नेय चट्टानों का परिचय

ग्रेनाइट (Granite)—यह एक कठोर चट्टान है जो भू-गर्भ में मैग्मा के जमने से बनती है। इसमें अभ्रक, फेल्सपार और स्फटिक आदि खनिज मिलते हैं। इसमें सैकता की मात्रा 65 से



चित्र 227—ग्रेनाइट चट्टानों में जोड़

80 प्रतिशत तक होती है। इसके खनिज-कण खुरदुरे होते हैं। इसकी सतह पर सन्धियाँ पायी जाती हैं। यह भवन-निर्माण के लिए विशेष उपयोगी है। हार्नब्लेण्ड, रायोलाइट, प्यूमिस, आब्सीडियन तथा पिचस्टोन ग्रेनाइट वर्ग की मुख्य चट्टानें हैं।

में जीवों के अवशेष अधिक मिलते हैं। यह एक मुलायम चट्टान है और चाकू से काटी जा सकती है। यह विभिन्न रंगों की होती है।

डोलोमाइट (Dolomite)—यह चूने के पत्थर से अधिक कठोर और भारी चट्टान है। यह कैल्शियम के द्विगुणित कार्बोनेट और मैग्नेशियम के योग से बनती है। इस पर तेजाब का सरलता से प्रभाव नहीं होता।

(ग) कायान्तरित चट्टानें (Metamorphic Rocks)

वे चट्टानें जो अन्य चट्टानों के रूप परिवर्तन द्वारा बनी होती हैं, कायान्तरित चट्टानें कहलाती हैं। अंग्रेजी में प्रयुक्त होने वाला 'मेटामोर्फिक' (metamorphic) शब्द 'मेटा' (meta) और 'मोर्फे' (morphe) शब्दों से मिलकर बना है। इसमें 'मेटा' का अर्थ परिवर्तन से है और 'मोर्फे' का रूप से। अतः 'मेटामोर्फिक' का आशय परिवर्तित रूप से है। अस्तु "जिन चट्टानों में गर्मी, दबाव अथवा रासायनिक क्रियाओं के फलस्वरूप उनके रूप, बनावट एवं खनिजों का पूर्ण कायान्तरण हो जाता है, वे कायान्तरित चट्टानें कहलाती हैं।"¹

कायान्तरण के समय चट्टानों का रूप परिवर्तन दो प्रकार से सम्भव होता है, 'भौतिक कायान्तरण' (Physical Metamorphism), अथवा 'रासायनिक कायान्तरण' (Chemical Metamorphism)। कभी-कभी दोनों साथ-साथ भी होते हैं। यहाँ यह समझ लेना आवश्यक है कि कायान्तरण के समय किसी चट्टान का पूर्ण आकार (form) बदल सकता है, उसमें खनिजों का रूप परिवर्तित हो सकता है, चट्टान रवेदार बन सकती है परन्तु चट्टान में विघटन तथा वियोजन (Disintegration and Decomposition) नहीं हो सकता।

पृथ्वी के भीतरी ताप, दबाव, खनिज-मिश्रित जल, वाष्प एवं भू-संचालन आदि के प्रभाव से आग्नेय, अवसादी तथा प्राचीन कायान्तरित शैलों के मूल रूप, रंग, खनिज एवं रवे आदि सभी गुणों में पूर्णतया परिवर्तन हो जाता है। परिवर्तन के कारण मूल चट्टान की कठोरता बढ़ जाती है।

गर्मी तथा दाब की न्यूनाधिकता के अनुसार इन चट्टानों में अनेक प्रकार के परिवर्तन देखे जाते हैं। चट्टान के पूर्णरूप से बदल जाने पर चित्र 230—बेण्डे नीस (कायान्तरित शैल) वैज्ञानिक भी यह बताने में असमर्थ हो जाते हैं कि इसका मूल रूप क्या था। कायान्तरित चट्टानें अपने निर्माण में अवसादी चट्टानों के बिल्कुल विपरीत होती हैं। इसलिए इनकी रचना में सदा



¹ "Metamorphic rocks include those rocks that have changed either in form or composition without disintegration."—P. G. Worcester: *A Text Book of Geomorphology*, p. 77

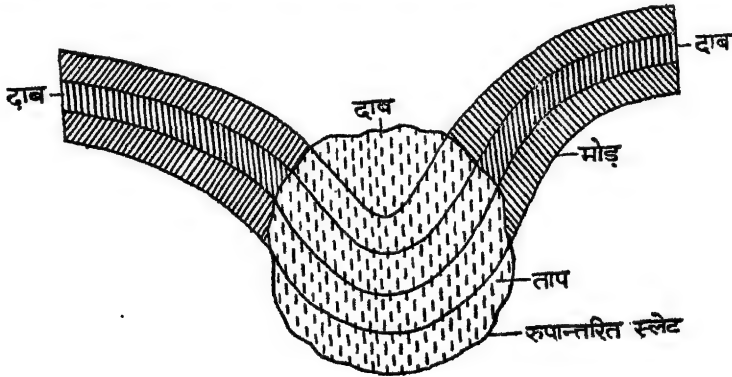
सबसे अधिक खनिजों की समान्तर दिशा में सरलता से फटकर अलग हो जाती हैं, शिस्ट कहलाती हैं। इनका नाम प्रायः उस खनिज के आधार पर होता है जिससे वह पृथक होने का गुण प्राप्त करती हैं जैसे अभ्रक शिस्ट, हार्नब्लेड शिस्ट आदि। जब इनका निर्माण आग्नेय चट्टानों के कायान्तरण से होता है तो उन्हें आर्थोशिस्ट कहते हैं किन्तु जब निर्माण अवसादी चट्टानों से होता है तो उन्हें पारा शिस्ट कहते हैं। कायान्तरित चट्टानों में यह बहुत ही व्यापक रूप से मिलने वाली चट्टान है। भारत में दकन के पठार पर यह अधिक मिलती है।

नीस (Gneiss)—यह एक खुरदरे कणों वाली कायान्तरित चट्टान है। इसमें खनिजों के



चित्र 233—स्लेट की धारीदार सतह

जोड़ पर अलग होने का गुण नहीं होता। इसका निर्माण करने वाले खनिज प्रायः एक-दूसरे के समान्तर होते हैं। फलतः इसमें क्रमरहित स्पष्ट धारियाँ होती हैं। यह आग्नेय अथवा अवसादी



चित्र 234—शैल चट्टान का स्लेट में परिवर्तन

दोनों प्रकार की चट्टानों के कायान्तरण से बनती हैं। इसमें स्फटिक, फेल्सपार और अभ्रक की मात्रा अधिक पायी जाती है। ग्रेनाइट नीस इसी प्रकार की चट्टान है। यह सभी प्राचीन क्षेत्रों में मिलती है।

हो जाने से अपक्षय की गति भी तीव्र हो जाती है। ऊँचे पर्वतीय शिखरों के निकट तथा खड़े ढाल वाले चट्टानी भागों में इसी कारण चट्टानों का विघटन अधिक होता है।

(4) वनस्पति का प्रभाव—किसी भी स्थान पर वनस्पति की उपस्थिति का अपक्षय के स्वभाव पर अवश्य प्रभाव होता है। वनस्पति के आवरण से विहीन भागों में ताप की प्रचण्डता के कारण चट्टानों का विघटन शीघ्र होता है। लेकिन जहाँ वनस्पति उगी हुई रहती है वहाँ वनस्पति अपनी जड़ों से चट्टानों को जकड़े रहती है जिससे उनका संगठन मजबूत रहता है और वे शीघ्र नहीं टूटतीं। वनस्पति से ढके हुए भागों पर सूर्य-ताप का भी प्रभाव नहीं होता। कई बार पेड़-पौधों की जड़ें चट्टानों में प्रवेश कर जाती हैं जिससे उनकी सन्धियाँ चौड़ी हो जाती हैं और चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं।

(क) भौतिक अथवा यान्त्रिक अपक्षय (Physical or Mechanical Weathering)

जब चट्टानें बिना किसी रासायनिक परिवर्तन के अपने आप विघटित हो जाती हैं तो उसे भौतिक अपक्षय कहा जाता है। चट्टानों का यह विघटन मुख्यतः सूर्यताप, हवा और पाले द्वारा होता है। ये दोनों ही साधन चट्टानों में सम्पीड़न और तनाव की क्रियाओं से यान्त्रिक परिवर्तन कर देते हैं। इसका सबसे अधिक प्रभाव शुष्क तथा ठण्डी जलवायु वाले प्रदेशों में होता है। चट्टानों का विघटन निम्न प्रकार से होता है :

ताप परिवर्तन द्वारा विघटन (Disintegration by Temperature Changes)—चट्टानों के भौतिक अपक्षय में सूर्यताप (insolation) का महत्वपूर्ण स्थान है। गर्मी और सर्दी



चित्र 235—चट्टानों के अपक्षय पर ताप और वर्षा का प्रभाव

के कारण चट्टानें फँसती और सिकुड़ती हैं। इस प्रक्रम (process) से चट्टानों का विघटन होता है। शुष्क मरुस्थली प्रदेशों में जहाँ दैनिक तापान्तर बहुत अधिक होता है, चट्टानों का इस प्रकार

डीसिलिकेशन (Desilication)—चट्टानों में पर्याप्त मात्रा में सिलिका पाया जाता है। चट्टानों से रासायनिक विधि से इसके अलग होने को ही डीसिलिकेशन कहा जाता है। अवसादी चट्टानों की अपेक्षा आग्नेय चट्टानों में सिलिका का अंश अधिक रहता है। सिलिका शीघ्र घुलकर बह जाता है। सिलिका के चट्टानों से पृथक् हो जाने से वे निर्बल हो जाती हैं। पैंठिक आग्नेय शिलाओं का इसी कारण रासायनिक अपक्षय अधिक होता है।

रासायनिक अपक्षय का यान्त्रिक प्रभाव (Mechanical Effect of Chemical Weathering)

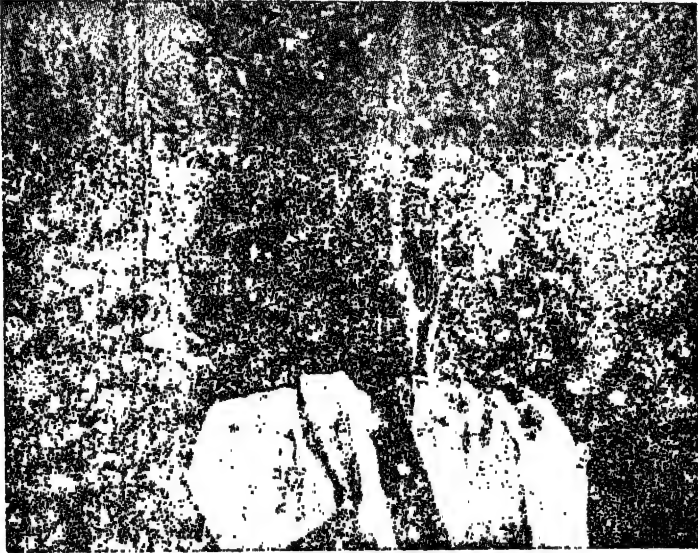
चट्टानों की सँधों एवं दरारों से जब वर्षा-जल उनके भीतर पहुँचता है तो उससे चट्टानों में रासायनिक परिवर्तन होता है। इससे चट्टानों का ऊपरी भाग आयतन में बढ़ जाता है और मुख्य चट्टान से यान्त्रिक विधि से पृथक् हो जाता है। सँधि तलों (joint plane) के सहारे अलग हुई चट्टानों की परतें छोटे-छोटे असमान टुकड़ों में विभक्त हो जाती हैं। तदनन्तर ये पहाड़ी ढालों के सहारे खिसककर नीचे आधार में भग्नाश्म राशि (Talus) के रूप में जमा हो जाती हैं। चट्टानों के कोने तथा किनारे तीनों ओर से खुले होने के कारण अधिक प्रभावित होते हैं और धीरे-धीरे गोलाकार आकृति ग्रहण कर लेते हैं। इसे गोलाश्म अपक्षय (Spheroidal Weathering) कहते हैं। उष्ण तथा आर्द्र प्रदेशों में भारी व खुरदरे दानों वाली चट्टानें प्रायः गोलाकार रूप ग्रहण कर लेती हैं। जैसे छोटा नागपुर के पठार पर ग्रेनाइट व ग्रेनाइट नीस की पहाड़ियाँ गुम्बदाकार रूप की हैं।

(ग) जैविक अपक्षय

(Biological or Organic Weathering)

धरातल पर जैविक अपक्षय वनस्पति, जीव-जन्तु एवं मनुष्य तीनों साधनों द्वारा होता है :

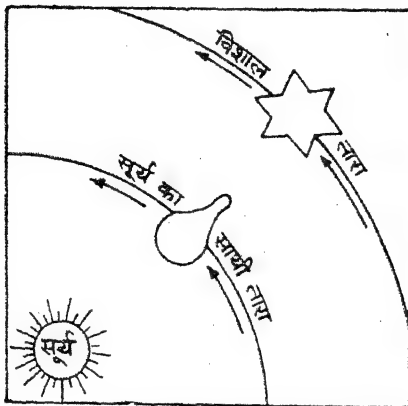
(1) वनस्पति (Vegetation)—चट्टानों के अपक्षय में वनस्पति का भी योग रहता है। वनस्पति से चट्टानों का भौतिक एवं रासायनिक दोनों प्रकार से अपक्षय होता है। पेड़-पौधों की



चित्र 236—वृक्ष द्वारा ग्रेनाइट चट्टानों का विखण्डन

जड़ें चट्टानों की सँधों में प्रवेश कर निरन्तर भीतर घुसने का प्रयास करती हैं। ज्यों-ज्यों जड़ें भीतर प्रवेश करती हैं और मोटी होती जाती हैं, वे चट्टानों की सँधों पर अधिकाधिक दबाव डालती हैं।

भी ज्वार उठे जिससे उपग्रहों की रचना हुई। रसेल की धारणा है कि इस विशालकाय तारे का सूर्य पर बहुत ही नगण्य प्रभाव रहा, क्योंकि सूर्य उस तारे से बहुत अधिक दूर था।



बिबेचना

(1) इस सिद्धान्त में युग्म तारों का सुझाव न तो कल्पना ही है और न आश्चर्य करने की बात ही है। अन्तरिक्ष में कई युग्म तारे हैं। हबीपर के अनुसार अन्तरिक्ष के कुल तारों में से 80% युग्म दो या दो से अधिक समूहों में हैं। यदि रुढ़िवादी विचार को ही मानें तो भी अन्तरिक्ष में 10 प्रतिशत से अधिक युग्म तारे हैं।

(2) ग्रहों का अधिक कोणीय संवेग साथी तारे के अधिक कोणीय संवेग के कारण स्पष्ट हो

चित्र 22—रसेल की द्वै-तारक परिकल्पना जाता है।

(3) इस सिद्धान्त से ग्रहों के बीच अत्यधिक दूरियाँ होना भी स्पष्ट हो जाता है।

दोष

(1) सूर्य के साथी तारे से ग्रहों की रचना के पश्चात् जो अवशेष भाग रहा वह अनन्त में कैसे लुप्त हो गया। इसकी कोई व्याख्या इस सिद्धान्त में नहीं है।

(2) इस परिकल्पना में इस बात का भी कोई स्पष्टीकरण नहीं है कि सूर्य के साथी तारे से निर्मित ग्रह जो आकाश में दूर-दूर तक फैले हुए थे, विशालकाय तारे के सुदूर चले जाने पर हमारे सूर्य के आकर्षण क्षेत्र में आ जाते हैं, और उसकी परिक्रमा करने लगते हैं परन्तु सूर्य के साथी तारे का अवशेष भाग उसके प्रभाव में नहीं आता जबकि यह उन ग्रहों की अपेक्षा सूर्य के अधिक निकट था।

(3) अनन्त में दूर-दूर फैले हुए ग्रह किस प्रकार अपनी वर्तमान स्थिति तथा परिक्रमा-पथ में आ गये, इसका भी कोई सन्तोषप्रद हल इस परिकल्पना में नहीं मिलता।

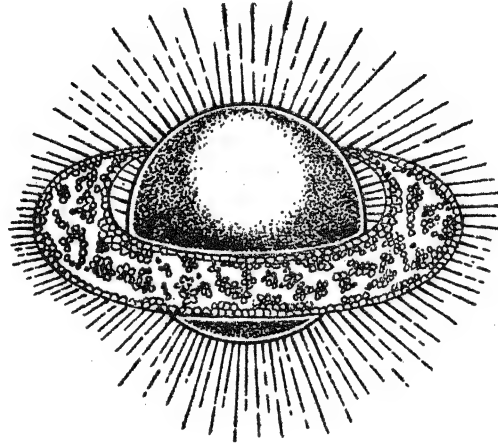
डा० आफवेन की विद्युत-चुम्बकीय परिकल्पना

(The Electromagnetic Hypothesis of Dr. Hannes Alfvén)

सौरमण्डल के ग्रहों की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए अधिकांश वैज्ञानिकों ने गुरुत्वाकर्षण शक्ति अथवा ज्वारीय शक्ति को ही आधार मानकर उनका उपयोग किया। डा० आफवेन ने सन् 1942 में विद्युत चुम्बकीय शक्ति का प्रयोग कर सौरमण्डल की उत्पत्ति को समझाने के लिए एक नवीन साध्य को प्रस्तुत किया। अब यह ज्ञात हो चुका है कि पृथ्वी के समान सूर्य के चारों ओर भी चुम्बकीय क्षेत्र (Magnetic Field) है। डा० आफवेन की मान्यता है कि सूर्य का यह चुम्बकीय क्षेत्र आदिकाल में वर्तमान समय की अपेक्षा कई हजार गुना अधिक शक्तिशाली रहा होगा। इस प्रकार सूर्य का चुम्बकीय आकर्षण उसके गुरुत्वाकर्षण से अधिक प्रभावशाली होगा।

डा० आफवेन की धारणा है कि सूर्य पहले बड़ी तेजी से परिभ्रमण करता था। तीव्र गति से परिभ्रमण करता हुआ सूर्य एक समय ऐसे परमाणुओं के मेघ में जा पहुँचा जिसके अणु विद्युत की दृष्टि से तटस्थ थे। ये अणु सूर्य के चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव में आकर सूर्य की परिक्रमा करने लगे। इसके द्वारा निर्मित मेघ का विस्तार वर्तमान समस्त ग्रहों के कुल फैलाव के बराबर था। सूर्य के निकट आने से अणुओं की शक्ति बढ़ती गयी जिससे उनकी गति तीव्र हो

गयी और वे परस्पर टकराने लगे। उसके उपरान्त वे आयनीकृत (Ionized) हो गये। फल-स्वरूप सूर्य उनको अपनी ओर आकर्षित नहीं कर सका और वे सूर्य के विषुवत-रेखीय तल पर एकत्रित होकर उसकी परिक्रमा करने लगे। सूर्य के चारों ओर एकत्रित इस अणु पदार्थ के परिभ्रमण से सूर्य की दैनिक गति न्यून हो गयी, इसके उपरान्त अणुओं और परमाणुओं के घनीभूत होने से ग्रह बने। इन ग्रहों के चुम्बकीय क्षेत्रों ने अन्य अणुओं को आकर्षित किया जिससे उनके उपग्रह बन गये।



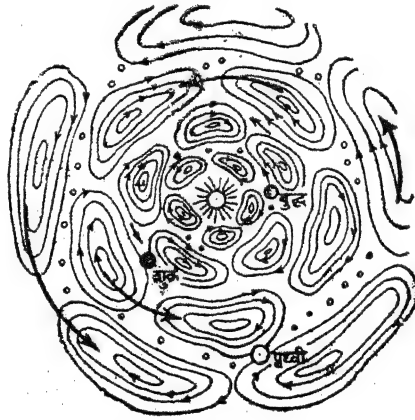
यह सिद्धान्त भीतरी ग्रहों के निर्माण को स्पष्ट करने में असमर्थ है। अतः यह सिद्धान्त अभी अपूर्ण है।

चित्र 23—डा० आफवेन की विद्युत चुम्बकीय परिकल्पना के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति

डा० वोन विसेकर की परिकल्पना (Hypothesis of Dr. Von Weizsacker)

जर्मन विज्ञानवेत्ता डा० विसेकर ने भौतिक-विज्ञान के आधार पर सौरमण्डल की उत्पत्ति के सम्बन्ध में सन् 1943 में एक नवीन परिकल्पना का प्रतिपादन किया।

डा० विसेकर के अनुसार सौरमण्डल की उत्पत्ति अन्तरिक्ष में फैले हुए एवं धूल के बारीक कणों के घनीभूत हो जाने से हुई है। आकाश में आज भी ऐसी कई नीहारिकाएँ जैसे औरियन की विशाल नीहारिका, काले समूह की नीहारिका (Coal Sack Nebula) आदि पायी जाती हैं जो गैस एवं धूल के मेघ-निर्मित मेघ के सदृश हैं। डा० विसेकर के अनुसार किसी समय नीहारिका मेघ अत्यन्त विस्तृत था। एक समय सूर्य इस नीहारिका मेघ में प्रविष्ट हो गया और सैकड़ों वर्षों तक इसमें घिरा रहा। सूर्य ने अपने गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से नीहारिका मेघ का कुछ पदार्थ आकर्षित कर लिया और शेष भाग अन्तरिक्ष में विलीन हो गया। नीहारिका मेघ का जो पदार्थ सूर्य के प्रभाव में आ गया वह उसके चारों ओर वलय रूप में परिक्रमा करने लगा। नीहारिका मेघ के धूल-कणों के परस्पर टकराने से शनैः-शनैः वे घनीभूत हो गये और ग्रह बन गये।



चित्र 24—प्रत्येक हार में पाँच चन्द्राकार भँवर

सूर्य के चारों ओर बड़े पिण्डों के रूप में घनीभूत धूल के कणों की तुलना डा० विसेकर ने एक हार (Necklace) से की थी। चूँकि धूल के कण विभिन्न दूरियों पर घनीभूत हो रहे थे, इसलिए कई हारों की कल्पना की जानी चाहिए। ऐसे प्रत्येक हार में पाँच गोलाकार मोती अथवा

‘चक्राकार भँवर’ होंगे।¹ इन भँवरों के कारण ही धूल-कणों को परिक्रमा लगाने के लिए सुरक्षित पथ प्राप्त हो जाते हैं। भँवरों की बाह्य सीमा पर कणों का घनीभूत हो जाना भी सुगम हो जाता है। ग्रहों के समान ही उपग्रहों की रचना हुई होगी।

गुण

(1) सूर्य के चारों ओर तीव्र गति से घूमते हुए गैस एवं धूल के मेघ की कल्पना विसेकर के सिद्धान्त की बड़ी विशेषता है। तीव्र गति से घूमते हुए ऐसे पदार्थ में ही छोटे व बड़े भँवरों की कल्पना की जा सकती है। छोटे भँवरों का सूर्य के पास और बड़े भँवरों का सूर्य से दूर निर्माण होगा। इस प्रकार इस सिद्धान्त के द्वारा सूर्य से ग्रहों की अत्यधिक दूरियों की बात समझ में आ जाती है।

(2) ग्रहों के निर्माण में हल्के तत्त्वों का 99 प्रतिशत और भारी तत्त्वों का केवल 1 प्रतिशत योग है। धूल हल्की होती है। इसलिए विसेकर की हल्के तत्त्वों की बात मैक्सवेल की खोज के अनुकूल है।²

(3) विसेकर ने गैस एवं धूल की परिकल्पना करके एक नवीन विचारधारा को जन्म दिया। इसी के आधार पर क्वीपर, फ़ैसनकोल व शिमड आदि विद्वानों ने आगे कार्य किया।

दोष

(1) इस सिद्धान्त का वैज्ञानिक आधार सुदृढ़ नहीं है।

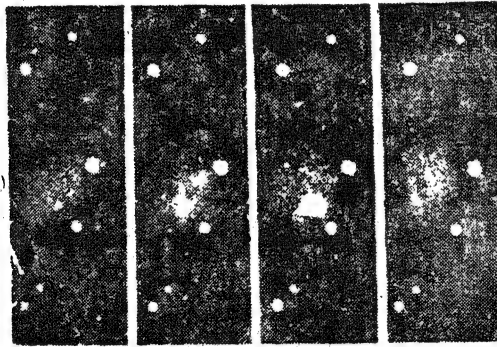
(2) धूल के हारों की बात बड़ी काल्पनिक लगती है।

(3) भँवरों का उचित प्रणाली में व्यवस्थित होना किसी भी प्रकार सिद्ध नहीं होता।

प्रो० होयल तथा लिटिलटन का नव-तारा सिद्धान्त

(The Nova Hypothesis of Prof. F. Hoyle and R. A. Lyttleton)

सौरमण्डल के ग्रहों एवं उपग्रहों की उत्पत्ति को समझाने के लिए प्रो० होयल तथा लिटिलटन ने नव-तारा परिकल्पना का प्रतिपादन किया। वैज्ञानिक खोजों से अब यह स्पष्ट हो चुका है कि सौरमण्डल के ग्रहों का निर्माण भारी तत्त्वों से हुआ है। इनके निर्माण में 98 प्रतिशत से भी अधिक भाग ऑक्सीजन, सिलिका, लोहा, कैल्शियम व एलुमीनियम आदि भारी तत्त्वों का



चित्र 25—अधिनव तारा

तथा 1 प्रतिशत से कम भाग हाइड्रोजन व हीलियम जैसे हल्के तत्त्वों का पाया जाता है। इसके विपरीत अन्तरिक्ष में हाइड्रोजन और हीलियम जैसे हल्के तत्त्वों की ही प्रधानता पायी जाती है। तारों की रचना में भी हाइड्रोजन व हीलियम जैसे तत्त्व ही प्रमुख होते हैं। अतः सौरमण्डल की उत्पत्ति सम्बन्धी सभी परिकल्पनाओं के साथ यह आक्षेप पाया जाता है कि ग्रहों एवं उपग्रहों में भारी तत्त्व कहाँ से आये। इसी आक्षेप से

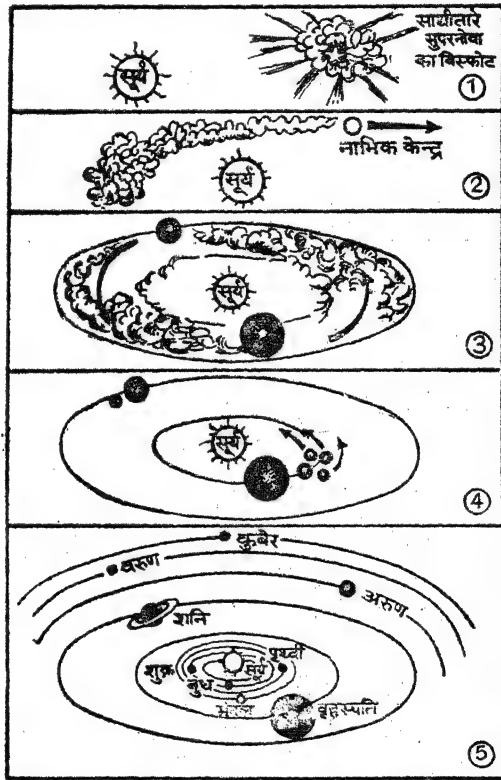
¹ G. Gamow : *Creation of the Universe*, p. 107

² G. Gamow : *The Creation of the Universe*, p. 103

बचने तथा इसका स्पष्टीकरण प्रस्तुत करने हेतु प्रो० होयल तथा लिटिलटन ने नव-तारा साध्य को प्रस्तुत किया।

नव-तारा परिकल्पना (Nova Hypothesis) के अनुसार सौर ग्रहों की रचना अधिनव तारे (Super Nova) के विस्फोट के कारण हुई है। कोई तारा अधिनव तारा उसी अवस्था में बनता है, जबकि उसमें हाइड्रोजन तत्व की कमी हो जाती है।¹ हाइड्रोजन ताप और शक्ति का प्रमुख स्रोत है। हाइड्रोजन के जलने से ही भारी तत्व बनते हैं। किन्तु सूर्य जैसे तारे में निहित तापमान पर हाइड्रोजन के जलने पर केवल हीलियम ही बनती है। भारी तत्वों की उत्पत्ति हाइड्रोजन के बहुत ऊँचे तापमान पर जलने से होती है अतः जब किसी तारे में हाइड्रोजन की कमी हो जाती है तो उसे शक्ति उत्पन्न करने के लिए सिकुड़ना पड़ता है। तारे के सिकुड़ने से उसके केन्द्र का तापमान कई लाख डिग्री सेण्टीग्रेड हो जाता है। यही तारे की अधिनव अवस्था होती है। ऊँचे ताप के कारण भारी तत्वों की उत्पत्ति होती है। ताप के बढ़ने से केन्द्र पर दबाव बढ़ता जाता है जिससे अन्ततः तारा अस्थिर हो उठता है। तारे के सिकुड़ने से उसकी परिभ्रमण गति भी बढ़ जाती है। परिभ्रमण वेग के बढ़ने से तारे में अपकेन्द्रीय शक्ति की वृद्धि होती है जिससे पदार्थ तारे से बाहर फेंक दिया जाता है। इस प्रकार तारे से प्रारम्भ में बाहरी पदार्थ और बाद में भारी तत्व बाहर फेंके जाते हैं। भारी तत्वों के बाहर फेंकने के बाद तारे के केन्द्र में दिव्य प्रकाश दिखाई पड़ता है जो हमारे सूर्य से कई गुना होता है। ऐसे प्रकाश वाले तारों को ही नव-तारा (Nova) कहा जाता है।

होयल की मान्यता है कि अन्तरिक्ष में प्रतिवर्ष साधारणतः 15 से 20 नवतारे दिखाई पड़ते हैं। जब कोई तारा सूर्य से एक अरब गुना प्रकाश उत्पन्न करता है तो वह अधिनव तारा (Super Nova) होता है। अन्तरिक्ष में ऐसे तारे दो-तीन शताब्दियों में कभी-कभी ही प्रकट होते हैं। कुछ बहुत अधिक ज्योतिशील नीहारिकाएँ भी इसी प्रकार उत्पन्न होती हैं। वर्तमान समय में आकाश में देखी जाने वाली क्राब नीहारिका (Crab Nebula) ऐसी ही नीहारिका है। इसे प्रति सैकण्ड 800 मील की गति से पदार्थ को बाहर फेंकते हुए देखा गया है। इस नीहारिका के मध्य एक अधिनव तारा है जो पृथ्वी से दुगुना बड़ा है किन्तु इसमें



चित्र 26—होयल तथा लिटिलटन की नव-तारा परिकल्पना के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति

1 R. A. Lyttleton : *The Modern Universe*, p. 169

पट्ट (Glacial Table) कहा जाता है। अन्ततोगत्वा जब हिम-पट्ट पिघल जाते हैं तो शिलाखण्ड भी गिर जाते हैं।

ढाल (Slope)—विभिन्न हिमानियों के ऊपरी तल के ढाल में बड़ी भिन्नता देखी जाती है। पर्वत-शिखरों से निकलने वाली कुछ छोटी हिमानियों का ढाल 25° से 30° तक होता है। स्थानीय रूप से प्रपाती हिमानियाँ और भी अधिक ढालु होती हैं। स्विट्जरलैण्ड और अलास्का की कई लम्बी हिमानियों का नीचे की ओर ढाल 100 प्रति फुट मील पाया गया है।



चित्र 260—हिमानी पट्ट

अपवाह (Drainage)—ग्रीष्मकाल में तापमान के बढ़ जाने के कारण हिमानी की ऊपरी सतह पिघलने लगती है। फलस्वरूप पिघला हुआ हिम जल हिमानी की सतह पर ढाल के अनुकूल होने पर धाराओं के रूप में बहने लगता है। ये धाराएँ या तो हिमानी के दोनों किनारों के पास बहती हैं या हिम-विदारों में गिरकर लुप्त हो जाती हैं। हिम-विदारों में जाकर धाराओं का जल पुनः जम जाता है। कई स्थानों पर हिमानी के ऊपर हिमोढ़ जमा हो जाने से छोटी-छोटी झीलें बन जाती हैं। कई बार हिमानी के ऊपर बहने वाली धाराएँ अपने साथ कंकड़, पत्थर व गोलाश्म आदि को प्रवाहित करती हैं। कई स्थानों पर इन पदार्थों के भँवरदार कार्य से हिम में बेलनाकार गर्त बन जाते हैं। इन गर्तों को हिमानी भँवर (Moulines) कहा जाता है। ऐसे गर्त कभी-कभी हिमानी तल की चट्टानों तक पहुँच जाते हैं और उन पर भी जलगतिका के चिह्न (pot-hole marks) बन जाते हैं। कभी-कभी ये गर्त हिमानी में बनी कन्दराओं में विलीन हो जाते हैं।

हिम के पिघलने से बनी वे धाराएँ जो हिमानी के ऊपर तल पर बहती हैं, ऊर्ध्व हिम-धाराएँ (Super glacial streams) कहलाती हैं। किन्तु कई धाराएँ हिमानी के नीचे कन्दराओं में बहती हैं। ऐसी धाराओं को अधो हिम-धाराएँ (Sub glacial streams) कहा जाता है। ये जल-धाराएँ कन्दराओं में होकर हिमानी के अगले भाग में नीचे से बाहर प्रकट होती हैं। ये धाराएँ अपने साथ प्रचुर मात्रा में अपोढ़ एवं घुलित पदार्थ बहाकर लाती हैं। कई बार घुलित पदार्थों से धाराओं का जल दूधिया (milky) हो जाता है। अतः हिमानी के नीचे से निकलने वाली धारा से प्रवाहित ऐसे जल को हिमानी दूध (Glacial milk) कहते हैं।

सतही अपोढ़ (Surface Debris)—प्रायः बड़ी घाटी हिमानियाँ अपने साथ बड़े परिमाण में हिमोढ़ को बहा ले जाती हैं। यह हिमोढ़ अधिकांशतः हिमानी के किनारों के निकट या उसके ऊपर स्थित रहता है। हिमानी के मुहाने के समीप बर्फ पिघलने के कारण अधिकांश हिमोढ़ हिमानी की सतही धाराओं के द्वारा हिमानी के ऊपर फैला दिया जाता है। अलास्का में कई हिमानियों के निचले भाग का लगभग एक वर्गमील क्षेत्र पूर्णतः हिमोढ़ की परत से ढका हुआ पाया जाता है।

घाटी हिमानी का अनुप्रस्थ-खण्ड चित्र

सामान्यतः यह कहा जाता है कि हिमनदी की घाटियाँ यू-आकार की होती हैं। इस



चित्र 261—एक आदर्श यू-आकार की घाटी—निलम्बी घाटियों सहित

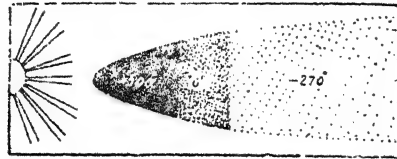
कथन का हेत्वाभास (fallacy) इस बात में निहित है कि हम हिमानी की धारा (channel) की नदी की घाटी (valley) से तुलना करते हैं। किन्तु वास्तव में हिमानियों और नदियों दोनों की धाराएँ (channels) यू-आकार की होती हैं। लेकिन नदियाँ घाटी के अनुप्रस्थ-खण्ड का बहुत थोड़ा-सा भाग घेरती हैं, जबकि हिमानियाँ सम्पूर्ण घाटी को घेर लेती हैं। अतः हिमानी की धारा ही प्रभावशाली रूप बन जाता है।

समीक्षा

सौरमण्डल की उत्पत्ति सम्बन्धी नवीन परिकल्पनाओं में शिमड के सिद्धान्त को बड़ी मान्यता प्राप्त हुई। शिमड ने अपने सिद्धान्त के तथ्यों को बड़े ही तार्किक ढंग से प्रस्तुत किया है, जो निम्न हैं :

(1) यह सिद्धान्त ग्रहों के विशिष्ट कोणीय संवेग को पूर्णतः स्पष्ट कर देता है। शिमड के अनुसार ग्रहों की रचना सूर्य से नहीं अपितु गैस एवं धूल के मेघ से होती है। अतः सूर्य और ग्रहों के कोणीय संवेग में अन्तर होना स्वाभाविक है। फिर स्वयं ग्रहों में जो संवेग का अन्तर पाया जाता है वह धूल-कणों के घनीभूत होते समय उनके कोणीय संवेग (Angular Momentum) के पुनः वितरण का फल है। शिमड ने गणित द्वारा यह भी सिद्ध किया है कि जिस ग्रह के ग्रह-पथ का अर्द्धव्यास कम है उसका कोणीय संवेग कम और जिसका ज्यादा है उसका संवेग भी अधिक होगा।

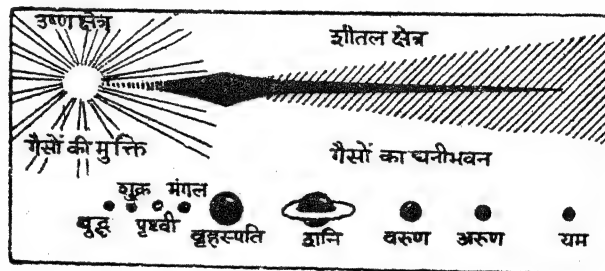
(2) सौरमण्डल में सूर्य के निकट भारी तत्त्वों—सिलिका, लोहा, एलुमीनियम आदि से



चित्र 29—सूर्य के चारों ओर तश्तरी में ताप का वितरण

भीतरी भाग की ओर उष्णता की अधिकता से भारी तत्त्वों वाले ग्रह बने। तश्तरी के बाहरी भाग की ओर जहाँ सूर्य की किरणें नहीं पहुँच पाती होंगी वहाँ अत्यन्त न्यून तापमान (-270° से०) के कारण हल्के गैसीय पदार्थ रहे होंगे जो शीत से जम गये होंगे। इस प्रकार सूर्य से दूर बाहर की ओर हल्के तत्त्वों के ग्रह बन गये।

(3) शिमड ने ग्रहों के बीच की दूरियों को स्पष्ट करते हुए बताया है कि विभिन्न परिमाण और गति वाले पिण्ड सूर्य की परिक्रमा करते हुए भिन्न-भिन्न दूरियों पर ही संगठित होंगे। शिमड



चित्र 30—ग्रहों का वर्गीकरण

ने ग्रहों के मध्य की दूरियों को निर्धारित करने में सांख्यिकीय नियम (Statistical Law) को आधार बनाया।

(4) सौरमण्डल के ग्रहों का परिक्रमा-पथ वृत्ताकार पाया जाता है। शिमड के अनुसार इसका कारण विभिन्न कणों का टकराकर अपनी गति का औसत परिणाम (Average Motion) प्राप्त करना है। गति के औसत परिणाम प्राप्त करने से दो अवस्थाएँ पैदा होती हैं। एक तो ग्रहों का एक ही कक्षा में परिक्रमा लगाना और दूसरा एक ही दिशा में घूमना। यद्यपि ग्रहों की कक्षा सूर्य की कक्षा के साथ 6° का कोण बनाती है फिर भी यह ग्रहों का निर्माण करने वाले कणों की

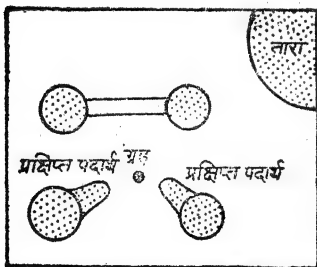
स्वतन्त्र गतिविधि का फल है। सी नामक विद्वान ने ग्रहों के परिक्रमा-पथ का वृत्ताकार हो जाने के सम्बन्ध में एक समाधान दिया है। उसका कहना है कि ग्रहों की उत्पत्ति के पश्चात् सूर्य के चारों ओर बची हुई गैस धूल का बाधक माध्यम (Resisting Medium) उपस्थित था। इस बाधक माध्यम से होकर गुजरने के कारण ग्रहों का परिक्रमा-पथ वृत्ताकार हो जाना सम्भव है। रोशे के सीमा सिद्धान्त (Theory of Roche's Limit) के द्वारा भी इसकी पुष्टि होती है।

दोष—यद्यपि सौरमण्डल की उत्पत्ति को समझाने में शिम्ड का सिद्धान्त बहुत ही अच्छा है। इसके द्वारा अनेक समस्याओं का समाधान प्राप्त हो जाता है। विक्टर सेफ़्रोनीव ने इस सिद्धान्त को अंशतः सत्य भी माना है, किन्तु फिर भी इस सिद्धान्त में कुछ कमियाँ रह जाती हैं।

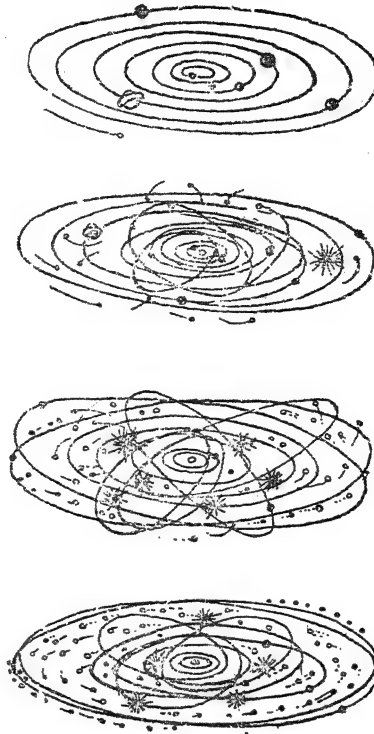
(1) अन्तरिक्ष में धूल और गैस के बादल की उत्पत्ति कैसे हुई? इसका कोई सन्तोषजनक उत्तर यह सिद्धान्त नहीं देता।

(2) आकाशीय नक्षत्रों के बीच बहुत अधिक दूरियाँ होने पर भी वह बादल सूर्य की ओर क्यों और कैसे आकर्षित हुआ?

(3) शिथिल गैस और धूल के बादल को सूर्य जैसा तारा कैसे उसका अपहरण कर सका? रासजन की आवर्तन और ज्वारीय परिकल्पना (Rossgunn's Rotational and Tidal Hypothesis) यह परिकल्पना लाप्लास और जेम्स जीन दोनों की परिकल्पनाओं पर आधारित है और दोनों मूलभूत तत्त्वों में समन्वय स्थापित करती है। इस परिकल्पना के अनुसार बहुत तीव्र गति से घूमने पर तारा लगभग विस्फोटक दशा को पहुँच जाता है।



चित्र 32—रासजन का सिद्धान्त



चित्र 31—ग्रहाणुओं से क्षुद्रग्रहों एवं ग्रहों का निर्माण

रासजन की मान्यता है कि सूर्य भी प्रारम्भ में घूमते-घूमते इसी अवस्था को पहुँच गया था। जब सूर्य इस अवस्था को पहुँच गया तो उसी समय दूसरा तारा उसके समीप पहुँचा। इससे दोनों में ज्वार उठने लगे। ज्वार की क्रिया से दोनों ही विकृत हो गये और विकृत होकर अलग हो गये। परन्तु ज्वारीय भाग पीछे ही छूट गया। यह ज्वारीय पदार्थ धीरे-धीरे घना होने लगा जिससे नक्षत्रों की रचना हुई।

इस परिकल्पना में रासजन ने सूर्य की जिस गति को

1 B. Levin : The Origin of the Earth and Planets, p. 49

है। ये श्रेणियाँ अपनी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई में विभिन्न होती हैं। ये सैकड़ों फुट ऊँची और पर्याप्त चौड़ी होती हैं। परस्पर मिले हुए मेहराब की भाँति हिमोढ़ की ये श्रेणियाँ सैकड़ों और



चित्र 273—हिमोढ़ और हिमोढ़-निर्मित झीलें

हजारों मील तक फैली रहती हैं। हिमोढ़ के इन निक्षेपों का ऊपरी तल बहुत ही ऊँचा-नीचा और असमान होता है। इनके तल पर असंख्य छोटे-छोटे गर्त, पहाड़ियाँ और कटकें होती हैं।

अग्रान्तस्थ हिमोढ़ अपनी संरचना और मिश्रण से एक जैसे नहीं होते। विभिन्न स्थानों पर निक्षेपित इन हिमोढ़ों में भिन्नता पायी जाती है। कुछ स्थानों पर अपोढ़ केवल ठोस चीका-मात्र



चित्र 274—टोले एवं गर्त झू-आकार

होती है, कुछ स्थानों पर चीका के साथ गोलाश्म मिले हुए पाये जाते हैं और कुछ स्थानों पर बालू या बालू और गोलाश्म मिलते हैं। ये सब पदार्थ समस्त सम्भावित अनुपातों में एक-दूसरे के साथ मिल जाते हैं। सस्केचवान, अलबर्टा और बड़ी झीलों के क्षेत्र में ऐसे हिमोढ़ के तल पर प्रति वर्गमील हजारों गोलाश्म पाये जाते हैं। मिशीगन के समीप 8 से 10 फुट बड़े गोलाश्म ही मिलते हैं। इन उदाहरणों से यह प्रकट होता है कि इन हिमोढ़ों की कुल मोटाई में कैसे पदार्थ मिल सकते हैं। सामान्यतः ये हिमोढ़ स्तरहीन होते हैं और पदार्थों का कोई क्रम नहीं होता। लेकिन अनेक स्थानों पर विशेषतः हिमोढ़ के छोरों पर झीलों में निक्षेपित मिट्टी की असम्मित किन्तु

नीचे की कोमल चट्टानों का घर्षण कर वहाँ गर्त का निर्माण कर देते हैं। धीरे-धीरे ये गर्त काफी बड़े होकर कुण्ड बन जाते हैं। अतः ऐसे कुण्डों को ही आनति गर्त (plung pools) कहा जाता है।

सामान्यतः जहाँ कहीं नदी प्रपात बनाती है वहाँ प्रपात के नीचे ऐसे गर्त बन जाते हैं। किन्तु इनकी रचना ऐसे क्षेत्रों में अधिक होती है जहाँ ऊपर बालू-पत्थर या चूना-पत्थर की तहें हों और उनके नीचे शैल चट्टान की परतें बिछी हों।

(4) गार्ज (Gorge)—सामान्यतः नदी की गहरी एवं संकरी घाटियों को गार्ज अथवा कन्दरा कहा जाता है। ऐसी नदी-घाटियों के पार्श्व अत्यन्त ढालू होते हैं। इन ढालों के ऊपरी भाग



चित्र 311—नर्मदा नदी का गार्ज

ऋतु-अपक्षय के द्वारा कटते रहते हैं किन्तु निचले भाग ऋतु-अपक्षय के प्रभाव से मुक्त रहते हैं। इसलिए ये घाटियाँ ऊपर से अपेक्षतया चौड़ी होती हैं। कभी-कभी गार्ज की दीवारें एकदम खड़ी होती हैं। जब कभी नदी घाटी को चौड़ा करने की अपेक्षा गहरा करने का कार्य अधिक तीव्रता से करती है तभी ऐसी संकीर्ण घाटियाँ बनती हैं। गार्ज की रचना कठोर चट्टानी भागों में होती है। भारत में नर्मदा, चम्बल, कृष्णा, सतलज, सिन्धु आदि नदियाँ कई स्थानों पर गार्ज बनाती हैं। भारत का सबसे ऊँचा भाखड़ा बाँध सतलज नदी के भाखड़ा गार्ज पर ही बनाया गया है।

(5) कैनियन (Canyon)—वस्तुतः कैनियन गार्ज का ही बड़ा रूप है। रचना की दृष्टि से एक गार्ज और कैनियन में कोई स्पष्ट अन्तर नहीं होता। इसीलिए बारसेस्टर ने कैनियन और गार्ज की परिभाषा करते हुए कहा है कि “These are valleys whose walls are very steep and high in proportion to their width.”¹ किन्तु सामान्यतः कैनियन एक गार्ज से बड़ी होती है। ऊँचे पहाड़ी और पठारी भागों में जब नदी-घाटी के चौड़े होने की अपेक्षा गहरे होने की क्रिया तेज होती है तो ऐसी संकीर्ण घाटियाँ बनती हैं। साधारणतः एक कैनियन की रचना निम्न अवस्थाओं में सुगमता से होती है :

(1) ऊँचा पहाड़ी अथवा पठारी भाग—ताकि नदी चरमस्तर को पहुँचने के पूर्व घाटी को काफी गहरा काट सके।

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 174

(1) फ्रांसीसी वैज्ञानिक **जार्ज बफन** ने 18वीं शताब्दी में एक अनोखा प्रयोग करके पृथ्वी की आयु का अनुमान लगाया। उसने धातु की दो बड़ी गेंदें लीं और उन्हें लाल गरम कर लिया। इसके बाद उसने प्रयोग करके देखा कि ये गेंदें किस गति से ठण्डी हो रही हैं। जिस गति से ये गेंदें ठण्डी हुई उसकी तुलना उसने पृथ्वी से की और पता लगाया कि पृथ्वी की आयु 75 हजार वर्ष से ज्यादा है।

पृथ्वी की आयु निश्चित रूप से 75 हजार वर्ष से ज्यादा है। लेकिन यह कितनी ज्यादा है? यह प्रश्न शेष रह जाता है।

(2) **लॉर्ड कैल्विन** के अनुसार पृथ्वी 4500° सेण्टीग्रेड तापमान से ठण्डी हुई है। इस आधार पर पृथ्वी को ठोस अवस्था प्राप्त किये 10 करोड़ वर्ष से अधिक नहीं हुए हैं। किन्तु इस मत को मान लेने में निम्न कठिनाइयाँ हैं :

(क) पृथ्वी के ठण्डे होने की गति का पता लगाना एक अत्यन्त कठिन कार्य है।

(ख) इस मत को स्थिर करते समय चट्टानों में उपस्थित तेजोद्गार पदार्थों का ध्यान नहीं रखा गया जो कि चट्टानों की संचालकता को प्रभावित करते हैं।

(ग) धरातल के विभिन्न स्थानों पर विभिन्न समय में सूर्य-ताप की मात्रा भिन्न होती है।

(3) **चन्द्रमा के आधार पर**—चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के द्वारा पृथ्वी पर ज्वार उत्पन्न होता है। ज्वार से उत्पन्न लहरें पृथ्वी के परिभ्रमण में बाधा उपस्थित करती हैं, जिससे पृथ्वी के परिभ्रमण का समय बढ़ता जा रहा है। पृथ्वी की परिभ्रमण गति में वृद्धि के साथ-साथ चन्द्रमा की परिभ्रमण गति में भी वृद्धि हो रही है। परिभ्रमण गति में इस परिवर्तन के कारण चन्द्रमा पृथ्वी से दूर हटता जा रहा है। प्रसिद्ध खगोलशास्त्री **जार्ज डार्विन** के अनुसार प्रतिवर्ष चन्द्रमा पृथ्वी से 13 सेमी दूर हट जाता है। वर्तमान में चन्द्रमा पृथ्वी से 3 लाख 84 हजार किलोमीटर दूर है। 13 सेमी प्रतिवर्ष की दर से चन्द्रमा को इतनी दूरी हटाने में 400 करोड़ वर्ष का समय लगेगा।¹ इस आधार पर पृथ्वी की आयु 4 अरब वर्ष ठहरती है।

(4) **अवसादन के आधार पर**—प्रारम्भ में जब पृथ्वी द्रव अवस्था से ठोस अवस्था को प्राप्त हुई तो उस पर कठोर आग्नेय चट्टानों का आवरण निर्मित हुआ होगा। तदनन्तर बाह्य शक्तियों के द्वारा इसका अपक्षय और अपरदन प्रारम्भ हुआ। अपरदन के कारण ठोस भू-पटल का कटाव होने लगा और कटा हुआ पदार्थ अवसाद (Sediments) रूप में समुद्रों में जमा होने लगा। यदि नदियों व हिमनदियों आदि साधनों के द्वारा समुद्रों में अवसाद जमा करने की दर और अवसाद रूप में निक्षेपित मलवे की अर्थात् अवसादी शैलों की मोटाई किसी प्रकार ज्ञात की जा सके तो पृथ्वी की आयु का सरलता से अनुमान लगाया जा सकता है। इस सम्बन्ध में **आर्थर होम्स** (Arthur Holms) की जानकारी उल्लेखनीय है। होम्स ने ज्ञात किया है कि टेम्स नदी प्रतिवर्ष 10 से 20 लाख मीट्रिक टन अवसाद अन्ध महासागर में पहुँचाती है। इस आधार पर होम्स ने अनुमान लगाया कि संसार की नदियों द्वारा प्रति वर्ष लगभग 600 करोड़ मीट्रिक टन अवसाद समुद्रों में पहुँचाया जाता होगा।² होम्स ने अवसाद के निक्षेप की अधिकतम मोटाई का भी पता लगाया है। यह मोटाई 112 किलोमीटर के करीब आँकी गयी है। इस प्रकार अवसादों के निक्षेप के आधार पर पृथ्वी की आयु 40 करोड़ वर्ष अनुमानित की गयी है, किन्तु यह सत्य प्रतीत नहीं होता। इस विधि द्वारा आयु निर्धारण के विरोध में अग्रलिखित आपत्तियाँ हैं।

¹ G. Gamow : *The Creation of the Universe*, pp. 21-23

² M. W. Smart : *The Origin of the Earth*, p. 114

- (क) अवसादन की गति प्रत्येक समय एकसमान नहीं होती।
 (ख) अवसादित पदार्थ के अपरदन का इसमें कोई ध्यान नहीं रखा गया है।
 (ग) डा० हटन का कहना है कि समुद्र-जल के लवणयुक्त होने से अवसाद अधिक नीचे घँस गये होंगे।

वैज्ञानिकों ने कई प्रकार के परीक्षण करके अब यह सिद्ध कर दिया है कि पृथ्वी के जन्म से एक अरब वर्ष तक उसके धरातल पर बहते हुए जल द्वारा कोई अपरदन नहीं हो सकता। इसी सन्दर्भ में अमरीका की भू-गर्भशास्त्र की अमरीकन संस्था ने पृथ्वी की प्राचीन शैलों का अध्ययन कर यह बताया है कि बहते हुए जल द्वारा अपरदन की क्रिया लगभग 4 अरब वर्ष पूर्व प्रारम्भ हुई थी। इस नवीन मत के अनुसार पृथ्वी की आयु 5 अरब वर्ष के लगभग ठहरती है।

(5) समुद्रों की लवणता के आधार पर—समुद्रों का जल खारा होता है। इनका यह खारापन नदियों द्वारा बहाकर लाये गये लवण पदार्थों के कारण होता है। नदियों के प्रवाहित जल में सदैव नमक के तत्त्व घुले रहते हैं। प्रतिवर्ष नदियाँ पर्याप्त मात्रा में नमक लाकर समुद्रों में उँडेलती रहती हैं जिसे शनैः शनैः महासागर अधिकाधिक खारे होते जा रहे हैं। किसी समुद्र के जल का आयतन तथा उसमें लवणता की औसत मात्रा निकालकर पूरे समुद्र की लवणता की मात्रा ज्ञात की जा सकती है। प्रतिवर्ष लवणता कितनी बढ़ती है यह भी ज्ञात किया जा सकता है। इस प्रकार लवणता की कुल मात्रा में एक वर्ष की लवणता की मात्रा से भाग देने पर पृथ्वी की आयु ज्ञात हो सकती है।

लगभग दो शताब्दी पूर्व एडमण्ड हैली नामक वैज्ञानिक ने समुद्र-जल का परीक्षण कर यह मत स्थिर किया कि समुद्रों में नमक की कुल मात्रा नदियों द्वारा ही पहुँचायी गयी है। हैली का अनुसरण कर सन् 1899 में जोली ने गणना करके यह बताया कि समुद्रों में कुल नमक की मात्रा 1260 करोड़ मीट्रिक टन है¹ और संसार की समस्त नदियाँ प्रतिवर्ष 15.6 करोड़ मीट्रिक टन नमक समुद्रों में पहुँचा देती हैं। समुद्रों में नमक के पहुँचने की उपरोक्त दर के आधार पर कुल नमक पहुँचने में लगभग 8 करोड़ वर्ष लगे होंगे। यद्यपि इस आगणन से केल्विन के मत को समर्थन मिलता है, लेकिन आजकल के भू-वैज्ञानिक इससे सहमत नहीं हैं। जार्ज गेमोव के अनुसार समुद्र में जल की कुल राशि लगभग 1 अरब 50 करोड़ घन किलोमीटर है² और इस जल-राशि में 3% नमक मिला हुआ है। जल में घुले हुए इस सम्पूर्ण नमक को यदि हम निकाल सकें तो उससे 2 करोड़ घन किमी ऊँचा पर्वत खड़ा हो जायगा और उसका वजन 40,000,000,000,000,000 टन से अधिक होगा।³ कुछ भू-गर्भवेत्ताओं के अनुसार प्रत्येक वर्ष नदियाँ समुद्र में 40 करोड़ टन नमक बहा ले जाती हैं। इस गणना के आधार पर समुद्रों की आयु लगभग 100 करोड़ वर्ष ठहरती है।⁴

आपत्तियाँ

इस विधि से पृथ्वी की आयु को स्थिर करना कठिन प्रतीत होता है क्योंकि नदियों द्वारा अपरदन की गति सदैव एक समान नहीं होती। अपरदन कभी अधिक और कभी कम होता है। इस प्रकार प्रतिवर्ष समुद्र में एक निश्चित मात्रा में नमक की उपलब्धि को मानकर पृथ्वी की आयु का अनुमान लगाना उचित नहीं है।

1 W. M. Smart : *The Origin of the Earth*, p. 113

2 G. Gamow : *Biography of the Earth*, p. 3

3 *Ibid.*

4 *Ibid.*

संसार की सभी नदियों की कोई रासायनिक परीक्षा नहीं हुई है अतः कौन-सी नदी समुद्र में प्रतिवर्ष कितना नमक उँडेलती है यह ठीक से ज्ञात नहीं है।

इस विधि में यह मान लिया गया है कि समुद्र जल प्रारम्भ में भीठा था परन्तु पुराजीव कल्प के घोंघों तथा अन्य जीवाश्मों से ज्ञात होता है कि समुद्र का जल प्रारम्भ में भी लवणयुक्त था, क्योंकि इसका आधार नमक ही था।

समुद्रों की लवणता कई बातों पर निर्भर करती है परन्तु इस परिकल्पना में उन सब बातों की अवहेलना की गयी है।

(6) तेजोद्गार पदार्थों के आधार पर—भू-पटल पर पायी जाने वाली चट्टानें पृथ्वी के इतिहास के पृष्ठ हैं। अतः यदि हम भू-पटल की सबसे प्राचीन शिला की आयु निश्चित कर लें तो उससे पृथ्वी की आयु का सहज ही अनुमान हो सकता है। वैज्ञानिकों ने चट्टानों की आयु ज्ञात करने की कुछ विधियाँ ज्ञात की हैं।

वैज्ञानिकों ने यह बताया है कि भू-पटल में अन्य तत्वों के साथ-साथ अनेक तेजोद्गार पदार्थ भी पाये जाते हैं। इन तेजोद्गार पदार्थों के अणुओं का स्वतः विच्छेदन होता रहता है। अणुओं के विच्छेदन से प्रभूत मात्रा में ताप विकसित होता है जिससे इनके तत्वों का रूप परिवर्तन होता रहता है। सभी तेजोद्गार पदार्थ अन्ततः सीसे अथवा हीलियम में बदल जाते हैं।

यह ज्ञात हुआ है कि एक ग्राम यूरेनियम $\frac{1}{7,600,000,000}$ ग्राम सीसा पैदा करता है;

इसी तरह एक ग्राम थोरियम $\frac{1}{28,000,000,000}$ ग्राम सीसा देता है। इस आधार पर यह

आगणन करना सरल है कि किसी भी मात्रा के यूरेनियम और थोरियम को अपने आधे आकार में आने में क्रमशः 450 करोड़ और 1650 करोड़ वर्ष लगते हैं और अपने एक-तिहाई आकार में उससे दुगुना समय तथा अपने $\frac{1}{8}$ वें आकार में उससे तिगुना समय लगेगा। यूरेनियम के ध्वस्त होने की गति आश्चर्यजनक रूप से एक समान रहती है। इसके ऊपर समय तथा दबाव व तापमान और अपने समीपीय रासायनिक रचनाओं का कोई प्रभाव नहीं पड़ता। अतः तेजोद्गारक पदार्थ संसार में पृथ्वी की आयु निर्धारण का सर्वश्रेष्ठ साधन है।¹

तेजोद्गार पदार्थों के आधार पर शिलाओं की आयु ज्ञात करने के निम्नलिखित दो सूत्र हैं :

$$\text{होम्स के अनुसार शिलाओं की आयु} = \frac{\text{सीसा} \times 660 \text{ करोड़ वर्ष}}{\text{यूरेनियम}}$$

$$\text{रदरफोर्ड के अनुसार शिलाओं की आयु} = \frac{\text{हीलियम} \times 9,600,000 \text{ वर्ष}}{\text{यूरेनियम}}$$

उपरोक्त नियमों की सहायता से यदि विभिन्न भागों की प्राचीनतम चट्टानों की आयु ज्ञात कर लें तो पृथ्वी की आयु का अनुमान किया जा सकता है। भू-गर्भ-शास्त्रियों ने विभिन्न भागों एवं भिन्न गहराइयों की चट्टानों के शीतल होने के आधार पर भू-पटल के विभिन्न भागों के ठोस होने के समय का पता लगाया है। इस आधार पर संसार की प्राचीनतम चट्टानें फिनलैण्ड में कोरेलिया की चट्टानें 1,850,000,000 वर्ष और दक्षिणी डकोटा में ब्लैक हिल्स की चट्टानें 1,460,000,000 वर्ष पुरानी हैं। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि धरातल पर किसी भी प्रकार की चट्टान की आयु 2 अरब वर्ष से अधिक नहीं है। The solid crust of the Earth

1 George Gamow : *Biography of the Earth*, p. 5

was formed from previously molten matter not more than about two billion years ago.¹

दो अरब वर्ष पूर्व पृथ्वी तरल अवस्था में रही होगी और पृथ्वी की उत्पत्ति लगभग 3 अरब वर्ष पूर्व हुई होगी।²

जॉली ने कई खनिजों में संकेन्द्रीय (Concentric) वृत्तों की खोज की है। खनिजों में इन वृत्तों के व्यास और उनके अणुओं के टूटने की गति का ज्ञान करने पर उस खनिज की आयु भी निकाली जा सकती है। इस आधार पर पृथ्वी की आयु स्थिर हो सकती है।

(7) अन्य गणनाओं के आधार पर पृथ्वी की आयु—पौल्टन ने प्राणीशास्त्र के आधार पर हिसाब लगाकर बताया है कि वनस्पति-जगत तथा प्राणी-जगत के वर्तमान समय तक के विकास में कम से कम 50 करोड़ वर्ष लगे होंगे जिससे सिद्ध होता है कि पृथ्वी 50 करोड़ वर्ष से भी अधिक पुरानी है। फ्रांस के प्रसिद्ध ज्योतिषी लाप्लास ने पृथ्वी की धुरी की दीर्घवृत्तता (ellipticity) के आधार पर पृथ्वी की आयु 2 करोड़ 10 लाख वर्ष आंकी है।

अब यह पता लग चुका है कि जिस तत्त्व से सौरमण्डल के ग्रह बने हैं वे अणु कास्मिक धूल से 500 करोड़ वर्ष पूर्व बने थे। इससे यह निश्चित हो चुका है कि पृथ्वी की आयु 350 करोड़ वर्ष से अधिक लेकिन 500 करोड़ वर्ष से कम है।

रेडियोधर्मी तत्त्व जब खण्डित होते हैं तो उसके साथ कुछ गैसों भी उत्पन्न होती हैं। विखण्डन के समय गैसों के निकलने से चट्टानों की आयु-गणना में निश्चित ही अन्तर पड़ेगा। अतः कुछ वैज्ञानिकों ने रेडियोधर्मी तत्त्वों के आधार पर चट्टानों की आयु ज्ञात करने की विधि में कुछ संशोधन किया है। इन वैज्ञानिकों के अनुसार यूरेनियम अथवा थोरियम जैसे पदार्थों के स्थान पर रूबीडियम (Rubidium) नामक तत्त्व के विखण्डन के आधार पर चट्टानों की आयु की अधिक सही गणना की जा सकती है।³ रूबीडियम एक ठोस पदार्थ है और लगभग 43 करोड़ वर्ष में यह स्ट्रोंशियम (Strontium) में रूपान्तरित हो जाता है। दोनों ही ठोस पदार्थ होने से इनमें गैस के बनने तथा विखण्डन के मुक्त होने की कोई सम्भावना नहीं रहती। इसलिए जितना भी रूबीडियम स्ट्रोंशियम में बदलेगा वह चट्टानों की सही आयु को बतायेगा। इस आधार पर चट्टानों की आयु 400 करोड़ वर्ष ठहरती है जो पृथ्वी की भी सम्भावित आयु होगी।

कुछ वर्षों पूर्व दो रूसी वैज्ञानिकों ए० पोलकानोव और इ० गेरलिंग ने बताया कि रेडियो सक्रिय पोटेशियम आर्गन में बदलता रहता है। भू-पटल में इस खनिज के आर्गन में बदलने की गति के आधार पर उन्होंने पृथ्वी की आयु कम से कम 310 करोड़ और अधिक से अधिक 500 करोड़ वर्ष निश्चित की है।

यह बड़े आश्चर्य की बात है कि उल्काओं और पृथ्वी की आयु लगभग समान बैठती है। इससे इस सम्भावना की पुष्टि होती है कि पृथ्वी सहित सौरमण्डल के सभी ग्रहों का निर्माण एक साथ हुआ होगा।

पृथ्वी का इतिहास (History of the Earth)

हमारी पृथ्वी सौरमण्डल का एक अंग है। सौरमण्डल के साथ ही इसका जन्म हुआ है। इसका जन्म हुए दो अरब वर्ष से अधिक समय हो गया है। अपने जन्म के समय पृथ्वी बहुत ही

¹ Ibid, p. 6

² W. M. Smart : *The Origin of the Earth*, p. 146

³ G. Gamow : *Biography of the Earth*, p. 8

उत्तप्त वायव्य पिण्ड के रूप में थी। धीरे-धीरे पृथ्वी ठण्डी हुई और उत्तरोत्तर ठोस होती गयी। ठोस चट्टानों से इसके कठोर धरातल का निर्माण हुआ जिससे इसका वर्तमान स्वरूप सामने आया।

किन्तु पृथ्वी के वर्तमान रूप में आने से पूर्व अनेक परिवर्तन हो चुके हैं। आन्तरिक शक्तियों के वशीभूत पृथ्वी का धरातल कई बार ऊपर उठा है और नीचे धँसा है। कई बार इस पर समुद्र और हिम का अतिक्रमण हो चुका है। कई बार इसके गर्वीले उच्च पर्वत-शिखरों को बाह्य शक्तियों ने काट-काटकर समुद्र में डुबोया है। ज्वालामुखी तथा भूकम्पों ने इसके अचल रूप को विचलित किया है। समुद्रों ने अपने क्रोड़ में निक्षेपित पदार्थों से नवीन भू-रूपों की रचना की है। इस प्रकार अपने आदिकाल से ही पृथ्वी का इतिहास भूमि के उठाव और धँसाव, उसके अनाच्छादन और निक्षेपण और समुद्र के अतिक्रमण और निवर्तन (retreating) आदि घटनाओं का अभिलेख रहा है। जैसा कि जेम्स पार्क ने लिखा है, "The geological history of the earth from the earliest times is a record of uplift and subsidence of retreating and advancing seas of denudation and deposition."

पृथ्वी पर मानव का उदय 50 हजार वर्ष पूर्व की घटना है, अतः पृथ्वी के अति दीर्घ जीवन की लम्बी कहानी का बहुत कम अंश मनुष्य को ज्ञात हो सका है। वस्तुतः पृथ्वी के जन्म के बाद बहुत लम्बा समय बिना किसी अभिलेख का समय रहा है। इसलिए पृथ्वी की उत्पत्ति के प्रथम डेढ़ अरब वर्ष का इतिहास बिलकुल निराधार है। विभिन्न युगों की चट्टानों और उनमें अवस्थित जीवाश्मों (fossils) के आधार पर भू-गर्भशास्त्रियों ने यद्यपि 1.74 करोड़ वर्ष पूर्व से पृथ्वी के इतिहास को लिखने का प्रयास किया है। परन्तु अन्तिम 50 करोड़ वर्ष के इतिहास को ही वे पूर्ण सत्यता के साथ उद्घाटित कर सके हैं।

वस्तुतः चट्टानें ही पृथ्वी के इतिहास के पृष्ठ हैं। चट्टानों की परतों और उनमें दबे जीवाश्मों के द्वारा ही भू-गर्भित कालों का निर्णय होता है। जिस प्रकार मानव इतिहास की लम्बी कहानी को अध्ययन की सुविधा के लिए विभिन्न युगों और कालों में विभाजित किया जाता है, उसी प्रकार पृथ्वी के भू-गर्भित इतिहास को भी अध्ययन की सुविधा के लिए निम्न महाकल्पों (eras) और कल्पों (periods) में बाँटा गया है :

1. उषः या आद्य महाकल्प (Eozoic or Archaean Era)
2. पुराजीव या प्रथम महाकल्प (Palaeozoic or Primary Era)
3. मध्यजीव या द्वितीय महाकल्प (Mesozoic or Secondary Era)
4. नवजीव या तृतीय एवं चतुर्थ महाकल्प (Neozoic or Cainozoic Era)

महाकल्पों का विभाजन

1. आद्य महाकल्प

2. पुराजीव महाकल्प

(क) प्राचीन पुराजीव	{	कैम्ब्रियन कल्प (Cambrian Period)
		ओर्डोविसियन कल्प (Ordovician Period)
		सिल्यूरियन कल्प (Silurian Period)
(ख) नवीन पुराजीव	{	डिवोनी कल्प (Devonian Period)
		कार्बन कल्प (Carboniferous Period)
		परमियन कल्प (Permian Period)
3. मध्यजीव महाकल्प

	{	ट्रियासिक कल्प (Triassic Period)
		जुरैसिक कल्प (Jurassic Period)
		क्रिटेशस कल्प (Cretaceous Period)

उपरोक्त बातों के अतिरिक्त ऋतु-परिवर्तन और हवाओं की प्रवाह दिशा एवं गति का भी इन पर गहरा प्रवाह होता है। इस प्रकार लहरों की शक्ति समय और स्थान तथा अन्य परिस्थितियों के अनुसार बदलती रहती है।

लहरों में अपरदन की अपरिमित शक्ति होती है। लहरों की शक्ति का कुछ आभास निम्नांकित तथ्यों से हो जाता है। स्कॉटिश लाइट हाउस बोर्ड के मतानुसार अटलांटिक तट की लहरों का ग्रीष्मऋतु के पाँच महीनों में औसत दाब 611 पाण्ड प्रति वर्ग फुट रहता है। यही शक्ति शीतकाल के 6 महीना में 2,086 पाण्ड हो जाती है। इनका सबसे अधिक दबाव 6,083 पाण्ड प्रति वर्ग फुट नापा गया है। पूर्वी-तट पर जल का प्रहार 6,000 पाण्ड से भी अधिक शक्तिशाली होता है। समुद्र की इन दार्ढ्यकाय लहरों के तट से टकराने और फिर ऊँचाई से स्थल पर घड़ाम से गिरने से जल के दबाव का निम्न-तल पर किनना भयंकर प्रहार होता होगा, इसका अनुमान किया जा सकता है। लहरों के इस भीषण प्रहार से तटवर्ती चट्टानें खण्ड-खण्ड ही नहीं वरन् कई स्थानों पर तट-भूमि भी लहरों में लीन हो जाती है। निश्चय ही इन शक्तिशाली तरंगों की चोटों का प्रभाव बड़ा अद्भुत होता है। सन् 1836 में एक भीषण आँधी के वेग से उठने वाली लहरों ने फ्रॉम के तट पर 20 फुट ऊँची दीवार के ऊपर से $3\frac{1}{2}$ टन भार वाले पत्थर बहा दिये थे। इसी प्रकार हॉर्लीहेड नामक वन्दरगाह के सामने हिलोरे रोकने वाली दीवार में लगे हुए बड़े-बड़े पत्थरों को आँधी के वेग से उठने वाली तरंगों ने बात की बात में उधर-उधर छितरा दिया। स्कॉटलैण्ड के उत्तरी-पूर्वी छोर के विक नामक स्थान पर सागर जल के थपेड़ों से रक्षा करने के लिए वन्दरगाह के सामने कंकरीट का एक विशाल स्तूप-सा बनाया गया था। इस स्तूप को स्थिर रखने के लिए बड़े भारी-भारी शिलाखण्डों को $3\frac{1}{2}$ इंच मोटी लोहे की छड़ों से बाँधकर लंगर डाला गया था। सन् 1873 के दिसम्बर मास में कंकरीट का यह विशाल पिण्ड जिसका भार 1350 टन से अधिक था, सागर की लहरों द्वारा फूल की भाँति ऊपर उठाकर फेंक दिया गया। उसके स्थान पर उससे भी अधिक भारी 2600 टन का पिण्ड रखा गया परन्तु वह भी सन् 1877 के एक तूफान की लहरों द्वारा बहा दिया गया। एक बार रोमन लोगों ने राइन नदी के मुहाने पर एक बड़ा भवन बनाया। सन् 1520 में लहरें तट को काटती-काटती वहाँ तक आ पहुँची और सन् 1694 में लहरों ने इस भवन को बिलकुल ही ध्वंस कर दिया।

भीषण तूफान के दिनों में समुद्र की लहरों में जिस दैवी-शक्ति का प्रादुर्भाव हो जाता है उसके वेग को रोकने की सामर्थ्य थोड़ी ही वस्तुओं में होती है। इन लहरों की पहुँच ज्वार की सर्वोच्च जल-रेखा के परे तक होना भी साधारण-सी बात है। स्कॉटलैण्ड के पश्चिमी तट पर एक बार तूफान से उत्पन्न लहरों ने एक प्रकाश-स्तम्भ से 14 टन के भार वाले पत्थर तोड़कर बहा दिये और सो भी उस स्थान से जो ज्वार के सर्वोच्च स्थान से 37 फुट अधिक ऊँचा था। इसी प्रकार इंगलिश चैनल के बिशप की चट्टान वाले प्रकाश स्तम्भ से 325 पाण्ड का घण्टा सागर जल से 100 फुट ऊँचे स्थान से लहरों द्वारा तोड़कर बहा दिया गया। अन्यत्र इसी तरह भारी तूफान की लहरों से एक ऊँची दीवार ध्वस्त हो गयी और समुद्र-तल से 1176 फुट की ऊँचाई पर एक खिड़की लहर के वेग से टूटकर खुल गयी। उपरोक्त इन सभी उदाहरणों से लहरों की शक्ति का कुछ अनुमान लगाया जा सकता है।

(2) तटीय शिलाओं की बनावट (Structure of Rocks)—तट-भूमि का कटाव चट्टानों की बनावट पर बहुत निर्भर करता है। यदि तट-भूमि पर सब कहीं एकसी चट्टानें बिछी होती हैं तो लहरों द्वारा चट्टानों का क्षय भी एक समान होता है। जैसे यदि तटवर्ती चट्टानें मुक्त या अबद्ध कणों (loose particles) से निर्मित हुईं तो लहरें स्वयं तट को काटने में समर्थ होती हैं पर

आदि सब इन्हीं शैलों में पायी जाती हैं। मध्य प्रदेश में पाये जाने वाले हीरे-पन्ने और सगमरमर इन्हीं चट्टानों की देन हैं।

(ख) कड्डप्पा क्रम की शैलें (Cuddapah System of Rocks)—धारवाड़ काल की शैलों के निर्माण के बाद एक लम्बे समय तक उनका बाह्य शक्तियों द्वारा अपरदन होता है। इन शैलों का अपरदित पदार्थ समुद्र एवं नदियों की निम्न घाटियों में निक्षेपित होता रहा। कालान्तर में ये ही निक्षेपित पदार्थ अवसादी शैलों में परिवर्तित हो गये जिनसे कड्डप्पा क्रम की शैलों का निर्माण हुआ। कड्डप्पा क्रम की शैलें क्वार्टजाइट, शेल, स्लेट एवं चूने के पत्थर के रूप में पायी जाती हैं। इन शैलों में कायान्तरण हुआ है, किन्तु धारवाड़ शैलों से कम। इन शैलों में भी जीवाश्मों का अभाव पाया जाता है। कहीं-कहीं ये शैलें 6,000 मीटर तक मोटी पायी गयी हैं।

ये शैलें प्राचीन धारवाड़ शैलों के ऊपर एक विषम विन्यास (unconformity) के बाद मिलती हैं जिन्हें निचली कड्डप्पा (lower cuddapah) शैलों के नाम से पुकारते हैं। इनमें पापाधनी व चेयार श्रेणी की शैलें आती हैं। निचली कड्डप्पा शैलों के उपरान्त शैल-स्तरों में पुनः विषम विन्यास देखा जाता है और फिर उनके ऊपर ऊपरी कड्डप्पा (upper cuddapah) शैलें मिलती हैं जिनमें कृष्णा एवं नल्लामलाई श्रेणियों की शैलें आती हैं।

दक्षिण में पापाधनी, चेयारी कृष्णा और नल्लामलाई श्रेणियों के अतिरिक्त ये शैलें पूर्वी राजस्थान और उत्तरी-पश्चिमी मध्य प्रदेश में दिल्ली श्रेणी के नाम से तथा कुछ कश्मीर, हिमाचल प्रदेश, नेपाल और फुटकर रूप से उत्तरी मैसूर तथा गोदावरी की मध्य घाटी में पायी जाती हैं।

(ग) विन्ध्य क्रम की शैलें (Vindhyan System of Rocks)—ये शैलें भी नदियों द्वारा निक्षेपित अवसादों से बनी हैं। इनका निर्माण कड्डप्पा क्रम की शैलों के बाद हुआ है। इनका विस्तार मुख्यतः विन्ध्याचल पर्वत-श्रेणियों में है अतः इन्हें विन्ध्य क्रम की शैलों के नाम से पुकारते हैं। ये शैलें बिहार में सहसराम क्षेत्र से राजस्थान में चित्तौड़गढ़ तक फैली हुई हैं। इनकी अधिकतम चौड़ाई आगरा और नीमच के बीच पायी जाती है।

कड्डप्पा क्रम की भांति ये शैलें भी दो भिन्न परतों में पायी जाती हैं। निचली विन्ध्य शैलें जिनमें क्वार्टजाइट, शेल और चूने के पत्थर मिलते हैं और ऊपरी विन्ध्य शैलें जिनमें बालू का पत्थर, शेल और सपिण्डाश्म चट्टानें पायी जाती हैं।

निचली विन्ध्य शैलें मुख्यतः दकन के पठार पर मिलती हैं। इसके मुख्य क्षेत्र निम्न हैं : (1) सोन नदी की घाटी में सेमरी श्रेणी, (2) दक्षिणी-पश्चिमी आन्ध्र में करनूल श्रेणी, (3) भीमा नदी की घाटी में भीमा श्रेणी, और (4) राजस्थान में जोधपुर और चित्तौड़गढ़ में पलनी श्रेणी। इसके अतिरिक्त गोदावरी घाटी, मालवा और बुन्देलखण्ड में इसके विशिष्ट क्षेत्र हैं।

ऊपरी विन्ध्य शैलें माण्डेर, रीवाँ और कैमूर श्रेणियों के रूप में पायी जाती हैं। हिमालय क्षेत्र में ये शैलें पीर पंजाल व धौलागिरि श्रेणियों तथा शिमला और सिप्ती में भी पायी जाती हैं।

विन्ध्य क्रम की शैलों में यद्यपि खनिज कम पाये जाते हैं, परन्तु इनमें इमारती पत्थर मुख्यतः बालू का पत्थर और चूने का पत्थर विशेष रूप से मिलता है।

2. पुराजीव महाकल्प (Palaeozoic Era)

यह महाकल्प 50 करोड़ वर्ष पूर्व से 22 करोड़ वर्ष पूर्व तक रहा। सर्वप्रथम इसी कल्प में पृथ्वी पर वनस्पति एवं जीवों का विकास हुआ। इस कल्प में अधिकांश बिना रीढ़ वाले जीवों के जीवाश्म पाये जाते हैं। शेल, स्लेट, कठोर बलुआ पत्थर और चूने का पत्थर इस कल्प की मुख्य शैलें हैं। इन शैलों में मूल्यवान खनिज पाये जाते हैं। इस काल की शैलों में उत्तरी अमरीका में

समुद्रतट के किसी भी स्थान पर भूगु का सही आकार शैलों की संरचना और उनकी प्रकृति, शैलों के स्तर और सन्धियों के क्रम तथा भ्रंश-स्तरों के निकट कमजोर स्थलों की उपस्थिति आदि कई बातों पर निर्भर करता है। प्राचीन लाल बलुआ पत्थर व ग्रेनाइट जैसी कठोर शैलें धीरे-धीरे घिसती हैं और बहुत ही खड़े ढाल की भूगु को जन्म देती हैं। किन्तु भूगु की रचना केवल कठोर शैलों के द्वारा ही नहीं होनी। चाक जैसी शैलें भी उनकी रचना करती हैं। डोरसेट, पूर्वी केण्ट, वाइट द्वीप तथा सरस के तटों पर चाक के द्वारा खड़ी भूगुओं की रचना हुई है।

भूगु का आकार ऋतु-अपक्षय (weathering) और सामुद्रिक अपरदन की सापेक्षिक गति पर भी निर्भर करता है।

यदि समुद्र की अपेक्षा ऋतु-अपक्षय प्रभावी होता है तो भूगु समुद्र की ओर ढाल होगी परन्तु यदि ऋतु-अपक्षय के विपरीत समुद्र अधिक तीव्रता से कटाव करता है तो भूगु समुद्र की ओर लटक जायेगी।

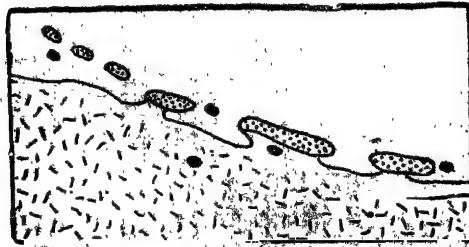
अन्त में, हमें यह बात भी ध्यान में रखनी चाहिए कि सभी भूगुएँ समुद्री अपरदन का फल नहीं हैं। जिन क्षेत्रों में समुद्र-तल परिवर्तित होता रहा है वहाँ भूगु केवल भूमि के तीव्र ढाल के रूप में विद्यमान हो सकती है। बाद में समुद्री अपरदन से इसकी आकृति में रूपान्तर हो सकता है। इसी प्रकार भ्रंशन के कारण भी शैलों का समुद्र की ओर खड़ा ढाल बन जाता है। स्कॉटलैण्ड में ऐसे उदाहरण देखे जाते हैं।

खाड़ियाँ तथा समुद्राभिमुख कगारों का क्रम (Bays and Promontaries)

सामान्यतः कोमल चट्टानें कठोर चट्टानों की अपेक्षा बड़ी सरलता से कट जाती हैं। जब किसी तट पर कोमल तथा कठोर शैल-स्तर लम्बे रूप में साथ-साथ स्थित होते हैं तो समुद्र की लहरें कोमल शैलों को शीघ्रता से काट देती हैं, परन्तु कठोर शैलें बहुत कम घिसती हैं। फल-स्वरूप कोमल शैलों में खाड़ियाँ (bays) बन जाती हैं और कठोर शैल-स्तर कगारों के रूप में समुद्र में आगे निकले हुए रह जाते हैं। इस प्रकार जो तट भिन्न प्रकार की चट्टानों से निर्मित होते हैं वहाँ खाड़ियों तथा समुद्राभिमुख कगारों का क्रम बन जाता है।

खाड़ियों के स्थल की ओर विस्तार की एक सीमा होती है, क्योंकि खाड़ियों में स्थित जल हवा के प्रभाव से मुक्त रहता है और उनके सिरे पर लहरें बहुत कमजोर होती हैं। खाड़ी जितनी अधिक गहरी होती है उसके सिरे पर पहुँचने वाली लहरें उतनी ही कमजोर होती हैं, जिससे अपरदन बहुत धीमा होता है। इसके अतिरिक्त इनके शान्त जल में बालू तथा बटुड़ आदि पदार्थ एकत्र हो जाते हैं जो तट की रक्षा करते हैं। दक्षिणी-पश्चिमी आयरलैण्ड के तट पर स्थित खाड़ियाँ सम्भवतः इसी प्रकार बनी हैं। यहाँ कार्बोनिफेरस काल के चूने के पत्थरों के स्तर के सहारे खाड़ियाँ बन गयी हैं और प्राचीन लाल बलुआ पत्थरों के स्तर कगार रूप में स्थित हैं।

अण्डाकार कटान (Coves)—जब किसी समुद्रतट पर कोमल व कठोर शैलों की स्थिति तट के समान्तर होती है तो समुद्री लहरें सम्मुख पड़ने वाली कठोर शैलों की सन्धियों के मार्ग से

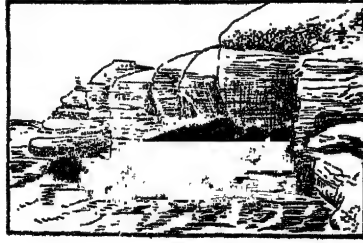


चित्र 351—अण्डाकार कटान

भीतर घुस जाती हैं और वहाँ शनैः-शनैः कोमल शैलों का अपरदन करती हैं। इस प्रकार कोमल शैलों में खोखले स्थान बन जाते हैं। इन खोखले स्थानों का आकार अण्डे के समान होता है। अतः ऐसे कटान को अण्डाकार कटान (Cove) कहा जाता है। जब कभी समीपवर्ती अण्डाकार कटानों के मध्य की कोमल शैल घुलकर नष्ट हो

जाती है तो कठोर शैल छोटे-छोटे टापुओं के सहण समुद्र में खड़े रह जाते हैं। इंग्लैण्ड के दक्षिणी तट पर इस प्रकार की स्थलाकृतियाँ देखी जाती हैं।

समुद्रतटीय गुहाएँ (Sea Caves)—जब किसी कठोर तटीय कगार के निचले भागों में कोई कमजोर स्थल होता है तो समुद्री लहरें उस कमजोर स्थल को शीघ्र ही घिसकर खोखला बना देती हैं। लहरों के आक्रमण के समय उस खोखले स्थान के भीतर की वायु दब जाती है और लहरों के पीछे हटने में फँस जाती है। वायु के इस प्रकार बार-बार सिकुड़ने और फैलने से खोखला गड्ढा गहरा होना जाना है और कालान्तर में एक गुहा का आकार ग्रहण कर लेता है। इन गुहाओं की रचना लहरों की शक्ति और तटीय मिलाओं की स्थिरता पर निर्भर करती है।



लहरों के अपरदन से समुद्रतटीय गुहा कटकर बहुत दूर स्थल की ओर चली जाती है। कालान्तर में इन गुहाओं की छत टूटकर नष्ट हो जाती है और गुहाएँ लम्बी सीलीर्ण खाड़ियों का रूप ले लेती हैं। इस प्रकार की छतबिहीन गुहाओं को स्कॉटलैण्ड तथा फेरो द्वीप के समुद्री तटों पर ज्यो (geo) कहा जाता है। यहाँ ज्यो का तात्पर्य छोटी खाड़ी (creek) से होता है।

चित्र 352—समुद्री गुहाएँ

धमि छिद्र (Blow Holes or Gloop)—जब समुद्रतटीय गुहाओं पर लहरों का आक्रमण होता है तो उस समय उनका द्वार जल भर जाने से बन्द हो जाता है। इस समय गुहा के भीतर की वायु बहुत ही संकुचित हो जाती है और बाहर निकलने का प्रयास करती है। गुहा के भीतर की यह वायु कभी-कभी गुहा की छत को फाड़कर छिद्र बनाने में सफल हो जाती है। ऐसे छिद्रों को धमि छिद्र (blow holes) कहते हैं। प्रायः ये छिद्र चट्टानों के भ्रंश-स्तर या संघ पर बनते हैं। गुहा के भीतर वायु के संकोचन और दबाव के कारण चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े उखड़कर गिर जाते हैं और छिद्र अधिकाधिक चौड़े हो जाते हैं। कभी-कभी ये छिद्र सैकड़ों फुट लम्बे होते हैं। त्वार के समय इनमें लहरों द्वारा धकेली गई हवा सीटी बजाती हुई बाहर निकलती है और साथ ही पानी फव्वारे के रूप में बाहर निकलता है। इसलिए इन छिद्रों को उगलने वाले छिद्र (spouting horns) भी कहते हैं। इंग्लैण्ड के वाइट द्वीप के निकट ऐसे दृश्य देखे जाते हैं।

मेहराब (Arch)—जब किसी तट पर तटीय-शैल का कुछ भाग समुद्र के भीतर फैला हुआ हो और उसके मध्य में कोई निर्वल अंश हो, तो लहरों के सतत प्रहार से उसका निर्वल अंश कट जाता है और उस शैल के आर-पार छिद्र बन जाता है। कालान्तर में ये छिद्र चौड़े होकर एक विशाल द्वार का रूप ले लेते हैं जिन्हें मेहराब कहते हैं। इंग्लैण्ड के डन्कस्वी के प्राचीन लावा बलुआ पत्थर में ऐसे मेहराब देखे जाते हैं।

अलग्न स्तम्भ (Stack and Skarries)—समुद्र में बनी मेहराब की छत जब लहरों के अपरदन अथवा अन्य कारणवश टूटकर गिर जाती है तो मुख्य शैल से उसका एक अंश अलग खड़ा रह जाता है। इसे अलग्न स्तम्भ अथवा चिमनी (Stack and Skarries) कहते हैं। इन स्तम्भों के, शैलों की बनावट के अनुसार कई आकार होते हैं। कहीं-कहीं ये स्तम्भ टापू का रूप ले लेते हैं परन्तु ये स्थायी नहीं होते। वाइट द्वीप के पश्चिम में ऐसे भू-आकार मिलते हैं।

तरंग-घाटित महावेदी (Wave Cut Platform)—समुद्री लहरें तटीय कगार पर जब निरन्तर प्रहार करती हैं तो उसके निचले भाग में कटान बन जाती है। धीरे-धीरे कटान बड़ी

होती है जिससे कगार का आधार नष्ट हो जाता है। अब कगार का ऊपरी भाग निराश्रित हो जाने से टूटकर गिर पड़ता है। लहरें इन टूटे हुए शिलाखण्डों को बहा ले जाती हैं। तट पर लहरों द्वारा इस प्रकार के अपरदन से महावेदी की रचना हो जाती है। इसे तरंग-वर्धित महावेदी (wave cut platform or bench) कहते हैं।



चित्र 353—मेहराब

अपतटीय सोपान (Off-shore Benches or Terraces)—कभी-कभी समुद्रतट के उथले भागों पर लहरों द्वारा समान्तर कटाव होता रहता है। धीरे-धीरे यह कटाव बढ़ता जाता है जिससे सीढ़ीनुमा कटाव हो जाता है। ऐसे कटाव को अपतटीय सोपान या वेदिका कहा जाता है।

सन्तुलित पार्श्विका (The Profile of Equilibrium)

उपयुक्त परिस्थितियों में मार्ग में कुछ अवसाद तरंग-वर्धित महावेदी (wave cut platform) के आगे गहरे जल में एकत्र होता है जिससे पुलिन वेदिका (shoreface terrace) की रचना होती है। धीरे-धीरे इस पुलिन-वेदिका का विकास होता रहता है जिससे वह एक चौड़ी दीवार का रूप ग्रहण कर लेती है। इस दीवार का ऊपरी भाग महावेदी के समान ही समतल होता है। सभी परिस्थितियों में समुद्रतट का तटीय एवं अपतटीय (off-shore) धरातल अपरदन और निक्षेप की सम्मिलित क्रियाओं का प्रतिफल होता है। अपरदन और निक्षेप दोनों ही क्रियाओं में स्थान और समय के अनुसार बड़ा विभेद देखा जाता है। उदाहरणतः, अवसाद (sediment) की प्राप्ति अपनी मात्रा और वितरण दोनों ही दृष्टियों से अनियमित होती है क्योंकि अवसाद की प्राप्ति, भूगु के क्षय, महावेदी के घर्षण तथा नदियों और धाराओं से होती है। किन्तु ये सभी साधन ऐसे हैं जिनसे अवसाद की प्राप्ति बराबर घटती-बढ़ती रहती है। अवसाद को हटाने की प्रक्रिया में भी बड़ी परिवर्तनशीलता देखी जाती है। यह प्रक्रिया प्रमुखतः तट के ढाल और समुद्र की ओर उसकी अविच्छिन्नता से प्रभावित होती है। अपेक्षाकृत तीव्र ढाल होने पर स्थल की ओर से अवसाद बड़ी शीघ्रता से हटते हैं जिससे ढाल मन्द पड़ जाता है। इसके विपरीत, मन्द ढाल होने पर स्थल की ओर पुलिन निक्षेप (beach deposition) होता है। परिणामस्वरूप ढाल तीव्र हो जाता है। इस प्रकार

प्रचण्ड रूप से बहती है तो वह अपने साथ पर्याप्त मात्रा में बालू को स्थल के भीतर परिवहित करती है।

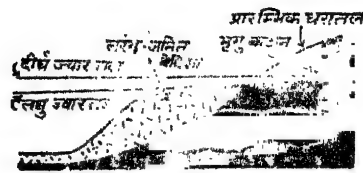
सामुद्रिक निक्षेप (Marine Deposition)

समुद्र के तटवर्ती भू-भाग से जो अपरदित पदार्थ प्राप्त होते हैं वे प्रायः समुद्र में निक्षेपित होते हैं। इस निक्षेपण में लहरों के साथ-साथ धाराएँ भी सहायता करती हैं। समुद्र में लहरों का प्रभाव कम गहराई तक सीमित होता है। इसलिए भूमि से प्राप्त पदार्थ समुद्र में गहराई तक नहीं पहुँच पाते। अधिकांश पदार्थ ज्वार की नीची जल-सीमा से परे नहीं पहुँच पाते। कभी-कभी बारीक पदार्थ ज्वार के नीचे जल में दूर पहुँच जाते हैं, जिससे मग्नतटों की रचना होती है।

समुद्र में पदार्थों का निक्षेपण क्रम से होता है। पहले भारी गिलाखण्ड जमा होते हैं और बाद में छोटे, अन्त में बालू और मिट्टी रहती है। किन्तु लहरों के वेग में अन्तर पड़ने पर कभी-कभी यह क्रम भग्न हो जाता है। समुद्र में पदार्थों के निक्षेप के स्तर बिछते जाते हैं जो कालान्तर में अवसादी शैलों का रूप ले लेते हैं।

सामान्यतः नदियों द्वारा बहाकर लाये गये पदार्थ और तट-भूमि के अपरदन से प्राप्त पदार्थ लहरों द्वारा समुद्र में जमा किये जाते हैं, परन्तु सदा ही ऐसा नहीं होता। यदि कोई धारा तट से सटकर बहती है तो बालू, मिट्टी आदि पदार्थ तट के सहारे उसके साथ बहेंगे। इस प्रकार यद्यपि पदार्थ भूमि के एक भाग से हटा दिये जाते हैं परन्तु वे भूमि के दूसरे भाग में जमा कर दिये जाते हैं। उदाहरणार्थ, इंग्लैण्ड के पूर्वी-तट पर समुद्र कई स्थानों पर भूमि की ओर आगे बढ़ रहा है परन्तु वाश (Wash) और रोमनी भाँशी (Romeny Marsh) आदि स्थानों पर समुद्र में भूमि का विस्तार हो रहा है। यहाँ भूमि का यह विस्तार कुछ अंशों में समुद्र के प्रभाव के फलस्वरूप ही हो रहा है। धाराओं द्वारा पदार्थों का तट के सहारे बहाव इंग्लैण्ड के पूर्वी और दक्षिणी तट पर स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है।

समुद्र में लहरों और धाराओं द्वारा पदार्थों के निक्षेपण से अनेक आकृतियाँ बन जाती हैं। ये आकृतियाँ निक्षेप की स्थिति एवं ज्वार-भाटा तथा लहरों और धाराओं की परिस्थितियों पर निर्भर करती हैं। निक्षेप की कुछ विशेष आकृतियों का वर्णन नीचे दिया जा रहा है :



चित्र 354—तरंग-जनित महावेदी

इस प्रकार की वेदिकाओं को तरंग-जनित महावेदी कहते हैं।

पुलिन कूट (Beach Ridges)—जिन पुलिन तटों पर निरन्तर पदार्थों का निक्षेपण होता रहता है वहाँ पुलिन कूटों की रचना हो जाती है। गिल्बर्ट के मतानुसार जब प्रवाहित बालू लहरों द्वारा पुलिन के समुद्राभिमुख भाग की ओर धकेल दी जाती है तो कूट की रचना हो जाती है, किन्तु ऐसा तूफान के समय ही होता है। ये कूट कहीं-कहीं पिछले गड्ढों द्वारा अलग कर दिये जाते हैं। इन गड्ढों को स्वेल्स (swales) कहा जाता है। जब प्रचुर मात्रा में पदार्थ उपलब्ध होता है तो पुलिन कूटें शीघ्रता से बढ़ती हैं। संलग्न भित्तियों के सिरो पर इसका विस्तार और भी तेजी से होता है। न्यूयार्क के निकट लोन्ग आइलैंड के पुलिन के सिर पर तेईस वर्ष की अवधि में पाँच कूटें

तरंग-जनित महावेदी (Wave-built Platform)—लहरें तटीय कगार एवं तट के अपरदन से जो पदार्थ प्राप्त करती हैं उसका कुछ अंश समुद्र के भीतरी भाग को परिवहित हो जाता है और कुछ समुद्र के उथले तट पर इस निक्षेप से वेदिकाएँ बन जाती हैं। ये वेदिकाएँ प्रायः जलमग्न रहती हैं, परन्तु कभी-कभी ये जल की सतह के ऊपर भी निकल आती हैं। समुद्र में बनी

मध्य प्रदेश में खालियर के निकट बाघ नामक गाँव से गुजरात में बाघवान नगर तक खटीकालीन शैलों यत्र-तत्र फैली हुई देखी जाती हैं। इन शैलों में खटी कल्प के जीवाश्म पाये जाते हैं। विद्वानों की ऐसी मान्यता है कि इसी काल में दक्षिणी भारत में लावा का उद्भेदन हुआ जो लगभग डार्ड लाख वर्गमील भूमि पर फैल गया था। लावा प्रदेश की इन स्तरीय शैलों में मछली, मेंढक व कछुआ आदि जीवों तथा डाइकोटिलेडन्स व ताड़ आदि पेड़-पौधों के जीवाश्म पाये जाते हैं।

इस काल में उरगों का पूर्ण विकास हो गया था और उनकी प्रधानता रही। उरगों के साथ मछलियों और स्तनपोषी जीवों का भी विकास होता रहा।

4. नवजीव महाकल्प (Neozoic Era)

पृथ्वी के इतिहास का यह अन्तिम महाकल्प है। भू-वैज्ञानिकों के अनुसार इस महाकल्प का प्रारम्भ सात करोड़ वर्ष पूर्व हुआ था। यह महाकल्प ऐतिहासिक दृष्टि से बड़ा महत्वपूर्ण है। इस काल में पृथ्वी का ताप कम होने लगा जिससे धरातल के कई भाग हिम से ढक गये। इससे धरातल की सभी दिशाओं में भारी परिवर्तन हुए। प्राचीन जीव-जन्तु भी नष्ट हो गये और उनके स्थान पर नवीन स्तनपोषी जीवों एवं चिड़ियों का विकास हुआ। हरसीनियन और एल्पाइन भू-हलचलों भी इसी काल में हुईं, जिन्होंने भू-पटल का रूप ही बदल दिया। भू-विज्ञान की दृष्टि से इस काल की शैलों का विस्तृत एवं सूक्ष्म अध्ययन हुआ है। इस अध्ययन से इस महाकल्प का इतिहास बहुत ही स्पष्ट हो गया है। अध्ययन की सुविधा के कारण इस महाकल्प को भी दो भागों में बाँटा गया है : (क) प्राचीन नवजीव महाकल्प, और (ख) नवीन नवजीव महाकल्प।

(क) प्राचीन नवजीव महाकल्प—यह महाकल्प पृथ्वी पर 7 करोड़ वर्ष पूर्व से 10 करोड़ वर्ष पूर्व तक रहा। इसको निम्न कल्पों में विभक्त किया गया है : (क) आदि नूतन कल्प, (ख) अल्प नूतन कल्प, (ग) मध्य नूतन कल्प, और (घ) अति नूतन कल्प।

भू-गर्भीक इतिहास में प्राचीन नवजीव महाकल्प का विशेष महत्व है। इस महाकल्प के प्रारम्भ में धरातल की गर्मी धीरे-धीरे कम होती गयी, जिससे जलवायु बहुत ही शीतल हो गयी। शीतल जलवायु के कारण भू-पटल का बहुत बड़ा भाग हिम से ढक गया।

इस परिवर्तन से पृथ्वी पर विद्यमान जीवों को भारी जीवन-संघर्ष करना पड़ा और अन्त में सबके सब नष्ट हो गये। ऐसे ही जीवों में दक्षिणी अमरीका का जन्तु देव मेगाथेरियम, मध्य एशिया में बलूचिस्तान का बलूचीथेरियम और शिवालिक में शिवाथेरियम नामक जीव विशेष उल्लेखनीय हैं। ये जीव दैत्याकार रूप के थे। जैसे बलूचीथेरियम गेंडा 12 फुट ऊँचा और 25 फुट लम्बा होता था। स्थलीय जीवों में इससे बड़ा कोई दूसरा जीव नहीं हुआ है। जलवायु की कठोरता के कारण इन विशालकाय उरगों के नष्ट होने के उपरान्त लाखों वर्षों तक पृथ्वी पर किसी भी प्रकार के जीव के चिह्न अवशेष नहीं रहे।

इस काल में भूमि पर वनों के साथ-साथ घास के मैदानों का प्रादुर्भाव हुआ। फल-फूल वाले पौधे इस काल की मुख्य विशेषता है। इसी समय पृथ्वी पर छोटे-छोटे वर्गों में कई स्तनपोषी जीवों का उदय हुआ। मानव का आगमन इस काल की बहुत ही महत्वपूर्ण घटना है।

प्राचीन नवजीव महाकल्प भीषण भू-गर्भीक हलचलों का काल रहा है। इन हलचलों से संसार के रूप में भारी उलट-फेर हुआ। इस समय यूरोप में हरसीनियन पर्वतों के उत्तर की ओर दक्षिणी-पूर्वी इंग्लैण्ड, बेल्जियम, डेनमार्क, उत्तरी फ्रांस और उत्तरी जर्मनी समुद्र में डूबे हुए थे और दक्षिण की ओर विशाल टेथिस महासागर विद्यमान था। मध्य नूतन काल की एल्पाइन हलचलों ने इटली को छोड़कर समस्त यूरोप को ऊपर उठा दिया जिससे एक ओर आल्पस पर्वतमाला

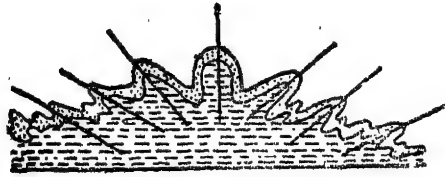
- (4) समनत बलन (Isoclinal Fold)—जब सम्पीडन के कारण दोनों दिशाओं से समान दबाव पड़ता है तो मोड़ की दोनों भुजाएँ एक ही दिशा में झुक जाती हैं और एक-दूसरी के समान्तर भी होती हैं। शैलों के ऐसे बलन समनत बलन कहलाते हैं।



चित्र 367—समनत बलन

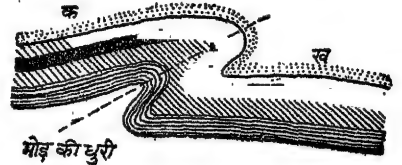
चढ़ जाय तो उससे परिवलन की रचना हो जायगी। वस्तुतः जब बलन की दोनों भुजाएँ प्रायः क्षैतिज दिशा में झुक जाती हैं तो उसे परिवलन कहते हैं।

- (6) पंखाकार बलन (Fan Folding)—जब किसी क्षेत्र में दोनों ओर से सम्पीडन का दीर्घकाल तक प्रभाव होता रहता है तो उसका मध्यवर्ती भाग मेहराब के रूप में ऊपर उठ जाता है और उसके दायें-बायें मोड़ों का प्रसार हो जाता है। शिलाओं में मोड़ों की इस प्रकार रचना हो जाने से उसका रूप पंखाकार हो जाता है। अतः ऐसे बलन पंखाकार बलन कहलाते हैं।



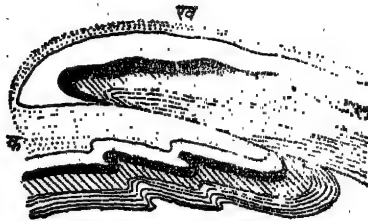
चित्र 368—पंखाकार बलन

- (7) अधिक्षिप्त बलन (Overthrust Fold)—जब भूपटल की शैलों पर सम्पीडन अत्यधिक बढ़ जाता है तो परिवलन मोड़ अपनी धुरी पर टूट जाता है और उसका एक वृहत शिलाखण्ड खिसककर दूसरे खण्ड पर आरोपित हो जाता है। इस प्रकार शैलों के क्रम में उलट-पुलट हो जाने को उत्क्रम (Thrust) कहते हैं। जिस तल से होकर शिलाखण्ड आगे बढ़ता है उसे उत्क्रम तल (Thrust plane) कहते हैं। बलन का ऊपरी उठा हुआ भाग अधिक्षिप्त बलन कहा जाता है। शैलों में इस प्रकार के बलन पड़ जाने से प्राचीनकाल की शैलें नवीन शैलों के ऊपर पहुँच जाती हैं।



चित्र 369—अधिक्षिप्त बलन

- (8) ग्रीवाखण्ड (Nappes)—फ्रांसीसी भाषा में 'नापे' का अर्थ मेजपोश से होता है। जिस प्रकार मेजपोश अपनी मेज से भिन्न होता है, उसी प्रकार नापे (ग्रीवाखण्ड) की चट्टानें अपने नीचे की चट्टानों से भिन्न होती हैं। जब कभी सम्पीडन के अधिक बढ़ जाने से परिवलित मोड़ का शिलाखण्ड समूह टूटकर अपने मूल स्थान से बहुत दूर पहुँच जाते हैं तो उसे नापे अर्थात् ग्रीवाखण्ड या प्रच्छेद कहा जाता है। इसमें परिवर्तित मोड़ों की ऊपरी शिलाएँ विभंग तल (plane of fracture) के सहारे शैलों दूर खिसक जाती हैं। अतः इनकी शैलों का उस स्थान की शैलों की रचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। आल्प्स तथा हिमालय पर्वतों में ऐसे अनेक ग्रीवाखण्ड पाये जाते हैं।

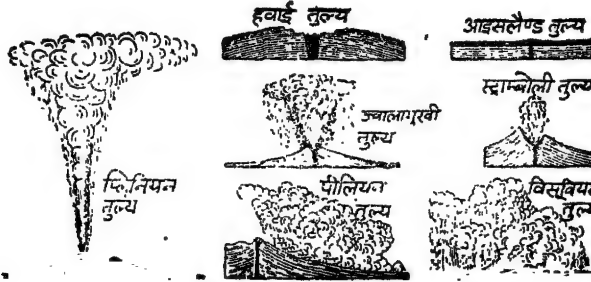


चित्र 370—ग्रीवाखण्ड

सू-गर्भिक समय मापक¹
(Geological Time Scale)

महाकल्प	कल्प	आयु	अन्य विशेषताएँ
नवजीव महाकल्प (Neozoic Era)	अभिनव कल्प (Recent)	25,000 वर्ष पूर्व	आधुनिक सभ्य मानव
	अधिनूतन कल्प (Pleistocene)	10 लाख वर्ष पूर्व	पाषाणकालीन आदि मानव
	अति नूतन कल्प (Pliocene)	1 करोड़ 50 लाख वर्ष पूर्व	प्रथम मानव, स्तनपोषी जीव एवं वनस्पति का विकास
	मध्य नूतन कल्प (Miocene)	3 करोड़ 50 लाख वर्ष पूर्व	वर्तमान दिशा में प्रगति
	अल्प नूतन कल्प (Oligocene)	5 करोड़ वर्ष पूर्व	वर्तमान दिशा की ओर अग्रसर
	आदि नूतन कल्प (Eocene)	7 करोड़ वर्ष पूर्व	उरगों का हास, छोटे-छोटे स्तनपोषी जीवों की अधिकता, फल-फूल वाले पौधों का विकास
	क्रिटेशस कल्प (Cretaceous)	12 करोड़ वर्ष पूर्व	बलुआ पत्थर एवं चाक शैलों का निर्माण, उरगों का पूर्ण विकास, मछलियों एवं स्तनपोषियों का जन्म, जल-थल और आकाशीय उरगों की बहुलता, वनों का विकास
		15 करोड़ वर्ष पूर्व	
		19 करोड़ वर्ष पूर्व	लाल बलुआ पत्थर की रचना, उरगों की प्रधानता, हल्के स्तनपोषी जीवों का उदय
मध्यजीव महाकल्प (Mesozoic Era)	जुरैसिक कल्प (Jurassic)		
	ट्रियासिक कल्प (Triassic)		

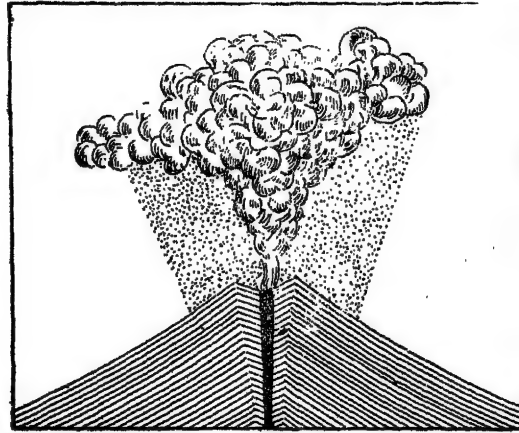
देखे जाते हैं। तरल लावा हवा में काफी ऊँचाई तक फँका जाता है जो ठण्डा एवं ठोस होकर पुनः कुछ ज्वालामुखी में और कुछ उसके ढालों पर गिर पड़ता है। स्ट्राम्बोली में लगभग निरन्तर उद्गार होता रहता है। इससे धुएँ के बादल नहीं उठते अपितु प्रज्ज्वलित गैसों बाहर निकलती रहती हैं। इसी कारण स्ट्राम्बोली को भूमध्य सागर का प्रकाश-गृह कहा जाता है।



चित्र 378—ज्वालामुखी उद्भेदन के विभिन्न रूप

(3) वलकेनो तुल्य (Vulcanian Type)—स्ट्राम्बोली के निकट ही लिपारी द्वीप में वल-

केनी ज्वालामुखी स्थित है। इसी के आधार पर इस समूह के ज्वालामुखियों का नामकरण किया गया है। इस प्रकार के ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा बहुत गाढ़ा होता है जिससे प्रत्येक लावा-प्रवाह के उपरान्त मुख बन्द हो जाता है। अतः प्रत्येक नये उद्गार के साथ भीषण विस्फोट होता है और लावा की जमी ठोस ऊपरी पपड़ी तोड़ दी जाती है। इस कारण उद्भेदन के बाद प्रायः शीलखण्ड बाहर फँके जाते हैं। इसके अतिरिक्त उद्भेदन के समय बड़ी मात्रा में बाष्प और धूल बाहर निकलती है, जिससे 'गोभी के फूल की भाँति' (cauliflower-like) काला बादल ज्वालामुखी के ऊपर छा जाता है। इस प्रकार के ज्वालामुखी स्ट्राम्बोली की भाँति प्रज्ज्वलित नहीं होते। इनमें आम्लिक और पैठिक दोनों प्रकार का लावा निकलता हुआ देखा जा सकता है किन्तु ऐसा एक ही ज्वालामुखी से नहीं होता। इन ज्वालामुखियों में भीषण विस्फोट बहुत होते हैं।



चित्र 379—वलकेनो तुल्य ज्वालामुखी

मात्रा में बाष्प और धूल बाहर निकलती है, जिससे 'गोभी के फूल की भाँति' (cauliflower-like) काला बादल ज्वालामुखी के ऊपर छा जाता है। इस प्रकार के ज्वालामुखी स्ट्राम्बोली की भाँति प्रज्ज्वलित नहीं होते। इनमें आम्लिक और पैठिक दोनों प्रकार का लावा निकलता हुआ देखा जा सकता है किन्तु ऐसा एक ही ज्वालामुखी से नहीं होता। इन ज्वालामुखियों में भीषण विस्फोट बहुत होते हैं।

(4) पीलियन तुल्य (Pelean Type)—पीली पश्चिमी द्वीपसमूह में माटिनिक द्वीप का ज्वालामुखी है। इसमें सर्वाधिक भीषण विस्फोट होता है। इसमें से निकलने वाला लावा बहुत लसदार होता है, इस कारण ज्वालामुखी ग्रीवा में कठोर पट्टी पड़ जाती है। उद्गार के समय गैसों के प्रसार से धड़ाके की आवाज होती है। इससे निकलने वाली गैसों इतनी संतृप्त होती हैं कि आकाश में भँडराते हुए बादल प्रकाशवान हो जाते हैं। ज्वालामुखी के निकट अनेक रंगों में प्रज्ज्वलित गैसों देखी जाती हैं। विस्फोट के समय बड़ी मात्रा में धूल व अन्य शिला प्रकार के शिखाखण्ड बाहर निकलते हैं जिससे समस्त वातावरण धूलमय हो जाता है। 8 मई, 1902 ई० में पीली के उद्गार

4

भू-गर्भ की झाँकी

(INTERIOR OF THE EARTH)

यद्यपि भू-गर्भ की संरचना का अध्ययन भूगोल के क्षेत्र के बाहर है, पर चूँकि पृथ्वी के ऊपरी धरातल का स्वरूप उसकी आन्तरिक संरचना से घनिष्ठ सम्बन्ध रखता है, इसलिए भूगोल में भी इसका अध्ययन आवश्यक है। पृथ्वी की भीतरी रचना कैसी है? यह आज भी एक रहस्य है। इस रहस्य को जानने के लिए मनुष्य सदा से ही उत्सुक रहा है परन्तु उसके पास ऐसा कोई साधन नहीं है जिसकी सहायता से वह भू-गर्भ की थोड़ी झाँकी देख सके। भू-गर्भ के बारे में मनुष्य का ज्ञान बहुत कम गहराई तक सीमित है। भू-गर्भ का प्रत्यक्ष ज्ञान कुओं, खदानों तथा भू-पृष्ठ पर किये गये संछिद्रों (bore holes) द्वारा प्राप्त होता है। परन्तु इन साधनों द्वारा अधिक से अधिक ढाई-तीन मील की गहराई का ही ज्ञान प्राप्त हो पाया है। जब हम इस गहराई को पृथ्वी के अर्द्धव्यास के समक्ष रखते हैं (जो लगभग 4,000 मील है) तो हमें यह अनुभव होता है कि भू-गर्भ के अध्ययन के लिए यह अत्यन्त ही नगण्य है। अतः भू-गर्भ की झाँकी प्राप्त करने के लिए हमें अनिवार्यतः परोक्ष रीतियों (indirect method) की शरण लेनी पड़ती है। यद्यपि यह सही है कि मनुष्य ने खानें खोदकर रत्नगर्भ पृथ्वी की अतुल धनराशि को ढूँढ़ निकाला है और भू-गर्भ के रहस्यों को समझने का सूत्र भी प्राप्त किया है, परन्तु पृथ्वी के भीतरी रहस्यों को खोलने वाले सन्देश हमें ज्वालामुखी उद्गार तथा भूकम्प-तरंगों और पृथ्वी के धरातल का ऊपर-नीचे होना आदि अदृश्य भू-गर्भिक घटनाओं द्वारा सदा भू-तात्त्विक भाषा में ही प्राप्त होते हैं।

वर्तमान समय में यद्यपि वैज्ञानिकों ने पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के बारे में बहुत कुछ जानकारी प्राप्त कर ली है, फिर भी भू-गर्भ के सम्बन्ध में कई ऐसे प्रश्न हैं जिनका समाधान अभी तक ढूँढ़ा नहीं जा सका है। जैसे पृथ्वी भीतर से ठोस है अथवा द्रवित, पृथ्वी की भौतिक तथा रासायनिक रचना कैसी है? भू-गर्भ में तापमान की क्या अवस्था है आदि? वस्तुतः मनुष्य के पास ऐसा कोई साधन नहीं है जिसकी सहायता से वह भू-गर्भ में झाँककर देख सके और उसकी प्रामाणिक जानकारी दे सके। पृथ्वी की आन्तरिक संरचना के सम्बन्ध में जिन साधनों से जानकारी प्राप्त की जा सकती है उसके निम्न प्रकार हैं :

1. अप्राकृतिक साधन (Artificial Sources)

(i) घनत्व (Density), (ii) दबाव (Pressure), (iii) तापक्रम (Temperature)।

2. पृथ्वी की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों के प्रमाण (Evidences from the Theories of the Origin of the Earth)

3. प्राकृतिक साधन (Natural Sources)

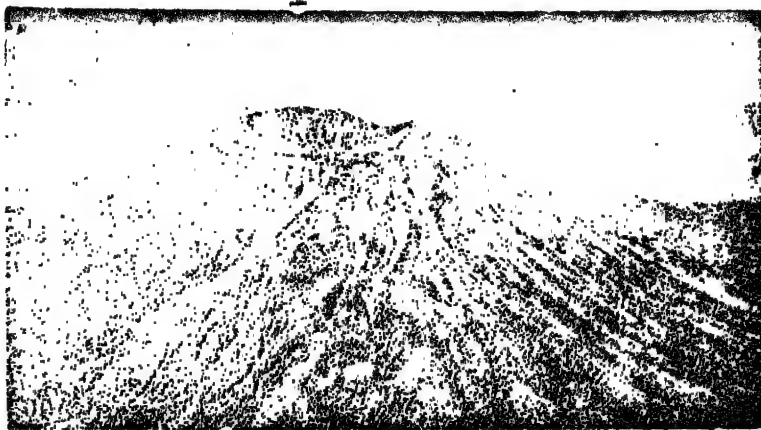
(i) ज्वालामुखी के साक्ष्य (Volcanic evidences), (ii) भूकम्पीय साक्ष्य (Seismological evidences)



चित्र 389—एक ज्वालामुखी केलडोरा का हवाई दृश्य

हरकुलेनियम नगर पूर्णतः नष्ट हो गये थे। विसूवियस पिछले 700 वर्षों से शान्त था। वर्तमान समय में चिली का अकांकागुवा और इक्वेडोर का चिम्बरोजो प्रसुप्त ज्वालामुखी के उदाहरण हैं।

(3) निर्वापित ज्वालामुखी (Extinct Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जिनसे अब कोई उद्गार नहीं होता और न उद्गार होने की कोई आशा ही रहती है उन्हें निर्वापित ज्वालामुखी



चित्र 392—निर्वापित ज्वालामुखी

कहते हैं। इनके छिद्र ज्वालामुखी पदार्थों के भर जाने एवं लावा के जम जाने से बन्द हो जाते हैं। ज्वालामुखी का मुख बन्द हो जाने से कालान्तर में वह क्षील में बदल जाता है। ऐसे ज्वालामुखी के शिखर पर पेड़-पौधे उग आते हैं। इस प्रकार के ज्वालामुखी विश्व में कम पाये जाते हैं। बर्मा का पोपा ज्वालामुखी निर्वापित ज्वालामुखी है।

(4) विस्फोटीय ज्वालामुखी (Explosive Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जिनमें उद्भेदन भीषण विस्फोट के साथ होता है, विस्फोटीय ज्वालामुखी कहलाते हैं। इनमें गैसें, वाष्प एवं अन्य पदार्थ धड़ाके के साथ बाहर निकलता है। माउण्ट पीली, क्रेकाटोवा और माउण्ट ताल विस्फोटीय ज्वालामुखी के उदाहरण हैं।

(5) निःस्त्रावी ज्वालामुखी (Effusive Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जिनमें लावा तथा गैसों का उद्गार बिना किसी विस्फोट के होता है, निःस्त्रावी ज्वालामुखी कहलाते हैं। इनमें लावा का निःस्त्राव बिना किसी ध्वनि के होता है। हवाई द्वीप के कई ज्वालामुखी इस वर्ग में आते हैं।

(6) मिश्रित ज्वालामुखी (Mixed Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जिनमें उद्गार कभी विस्फोट के साथ और कभी शान्त रूप से होता है, मिश्रित ज्वालामुखी होते हैं। विसूवियस, एटना व केनिया आदि ज्वालामुखी इसी वर्ग में आते हैं।

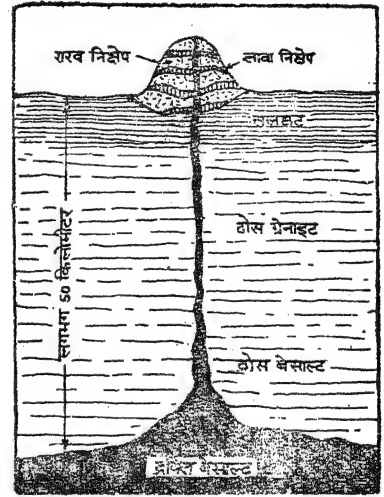
उष्णोत्स अथवा गेसर (Geysers)

गेसर ज्वालामुखी क्रिया का एक गौण रूप है। उद्गार के समय जिस प्रकार ज्वालामुखी से गर्म लावा निकलता है उसी प्रकार गेसर से समय-समय पर गर्म जल तथा वाष्प निकला करती है। वस्तुतः 'गेसर' शब्द आइसलैण्ड की भाषा के 'गेसिर' (geysir) से बना है जिसका अर्थ 'तेजी से उछलता हुआ' (gusher) अथवा 'फुहार छोड़ने वाला' (spouter) होता है। इससे स्पष्ट है कि 'गेसर' गरम पानी के उन स्रोतों को कहते हैं जिनसे समय-समय पर उष्ण जल और वाष्प फुहारों के रूप में बड़ी तीव्रता से ऊपर उठती है। कभी-कभी इनकी ऊँचाई 250 से 300 फुट तक होती है। आर्थर होम्स ने इसकी व्याख्या करते हुए कहा है कि "Geysers are hot springs from

32 मीटर गहराई के बाद 1° से तापमान बढ़ जाता है। इस हिसाब से लगभग 96 किमी की गहराई पर तापमान में इतनी अधिक वृद्धि हो जायगी कि वहाँ कोई भी खनिज ठोस अवस्था में नहीं रह सकता। इसी आधार पर तथा ज्वालामुखी उद्गार के समय द्रव लावा को निकलता देखकर लाप्लास आदि विद्वानों ने सहज ही यह अनुमान लगाया कि पृथ्वी का ऊपरी धरातल ठोस है, परन्तु केन्द्रीय भाग द्रव अवस्था में है। उपर्युक्त मत को स्वीकार कर लेने से दो अड़चनें हमारे सम्मुख हैं। पहली यह है कि ज्वार के समय समस्त पृथ्वी पिण्ड एक ठोस गोले के समान बना रहता है। यदि पृथ्वी भीतर से द्रव अवस्था में होती तो सूर्य और चन्द्रमा के आकर्षण से प्रभावित अवश्य होती। परन्तु वास्तव में ऐसा नहीं होता। दूसरी अड़चन यह है कि भूकम्प की तरंगें पृथ्वी में बहुत अधिक गहराई तक उसी प्रकार चली जाती हैं जिस प्रकार कि वे एक ठोस पिण्ड से होकर गुजरती हैं। अतः इन दोनों ही कारणों से उपर्युक्त विचार त्याग देना पड़ा। बाद में यह बात भली प्रकार स्पष्ट हो गयी कि भू-गर्भ में द्रव पदार्थों की कल्पना करते समय उसके ऊपर पड़ने वाले भारी दबाव का कोई विचार नहीं किया गया है। दबाव से प्रत्येक पदार्थ का द्रवणांक बिन्दु (melting point) बढ़ जाता है, अर्थात् उसको पिघलाने के लिए अधिक तापमान की जरूरत होती है। इस तरह पदार्थों का द्रवणांक बिन्दु अधिक होने से ही पदार्थ ठोस अवस्था में बने रहते हैं। इस आधार पर लोगों ने पृथ्वी को ठोस ठहराया।

उपर्युक्त सुझाव को कुछ लोगों ने यह कहकर मिथ्या घोषित कर दिया कि तापमान के बढ़ जाने पर ऐसी अवस्था आ सकती है जब दबाव के अधिक होने पर भी पदार्थ का ठोस या द्रव बने रहना असम्भव हो जाता है। अतः लोगों ने यह सुझाया कि पृथ्वी के केन्द्रीय भाग में वायव्य पदार्थ भरे हैं। परन्तु प्रयोगों द्वारा यह स्पष्ट नहीं होता। यदि यह मान भी लिया जाय कि केन्द्रीय भाग में पदार्थ वायव्य अवस्था में होंगे तो भी उनमें धरातल के वायव्य पदार्थों से सर्वथा भिन्न गुण होंगे। उन गुणों में एक परिदृढ़ता (rigidity) भी होनी चाहिए, जिससे वे पदार्थ वायव्य होते हुए भी स्थिर बने रहते हैं। यदि ऐसा न हो तो ज्वार-भाटा के समय समस्त पृथ्वी भी द्रव पदार्थों की भाँति ही खिंच जाय।

जब तक बहुत ऊँचे तापमान और भारी दबाव की अवस्थाओं में अभी और बहुत अधिक परीक्षण नहीं हो जाते तब तक अनेक प्रश्नों का न तो सही हल ही ज्ञात हो सकता है और न उनके बारे में कोई निष्कर्ष ही निकाला जा सकता है। यहाँ यह भी ध्यान देने योग्य बात है कि वायुमण्डल के नीचे किये गये परीक्षणों से पदार्थों का वास्तविक गुण मालूम नहीं होने पाता। अतः 'ठोस', 'द्रव' और 'वायव्य' शब्दों का जो हम साधारण अर्थ लगाते हैं वह भू-गर्भ में पदार्थों के लिए उचित नहीं है। हम अपने साधारण अनुभव से यह जानते हैं कि धरातलीय अवस्थाओं में भी कुछ पदार्थों में ठोस और द्रव दोनों ही गुण पाये जाते हैं। इस प्रकार डामर और चपड़ी (pith and sealing wax) यकायक भारी चोट पड़ने पर 'ठोस' तथा चटकने वाले (brittle) पदार्थों के अनुरूप आचरण करता है पर जब उसके ऊपर लगातार लम्बे समय तक धीरे-धीरे चोट पड़ती है तो वह 'द्रव' के अनुरूप



चित्र 37—पृथ्वी का भौतिक व रासायनिक स्वरूप

आचरण करने लगता है। इस उदाहरण द्वारा भू-गर्भ की अवस्था को भली प्रकार समझा जा सकता है।

पृथ्वी की भौतिक अवस्था के सम्बन्ध में हम निम्न निष्कर्ष निकाल सकते हैं :

(1) सम्पूर्ण पृथ्वी, कम से कम जब उस पर यकायक चोट पड़ती है तो ठोस पिण्ड की भाँति आचरण करती है।

(2) पृथ्वी के कुछ परत अनुकूल अवस्थाओं में गाढ़े द्रव पदार्थों (viscous liquids) के अनुरूप आचरण कर सकते हैं।

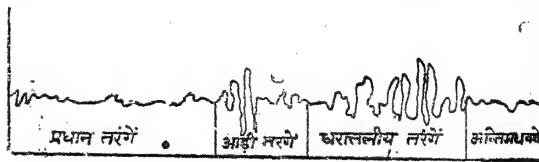
(3) भीतरी परत का कुछ भाग अधिक तापमान अथवा ऊपरी दबाव के कम हो जाने पर द्रव रूप में हो सकता है। वह ज्वालामुखी को जन्म देता है।

2. पृथ्वी की उत्पत्ति से सम्बन्धित सिद्धान्तों के प्रमाण (Evidences from the Theories of the Origin of the Earth)

पृथ्वी की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए विभिन्न विद्वानों ने अपने अलग-अलग सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया है। इन सिद्धान्तों में कुछ विद्वानों ने पृथ्वी के मूल रूप को ठोस, कुछ ने वायव्य तथा कुछ ने द्रव अवस्था में माना है। उदाहरणतः चैम्बरलिन ने अपनी 'ग्रहाणु परिकल्पना' में पृथ्वी की उत्पत्ति को ठोस ग्रहाणुओं के एकत्रीकरण के द्वारा स्पष्ट किया है। इस मत के अनुसार पृथ्वी की आन्तरिक संरचना ठोस होनी चाहिए। किन्तु जेम्स जीन्स की 'ज्वारीय परिकल्पना' के अनुसार पृथ्वी की उत्पत्ति सूर्य से निकले ज्वारीय पदार्थ से हुई है। इस आधार पर पृथ्वी का भू-गर्भ द्रव अवस्था में होना चाहिए। इसके विपरीत लाप्लास ने 'नीहारिका परिकल्पना' में पृथ्वी की उत्पत्ति को वायव्य नीहारिका द्वारा स्पष्ट किया है। इस मत के अनुसार पृथ्वी का भीतरी भाग वायव्य अवस्था में होना चाहिए। जोयपरिज तथा रिटर ने भी पृथ्वी के अन्तरम (core) को वायव्य पदार्थों से निर्मित माना है। पृथ्वी की उत्पत्ति के उपरोक्त विरोधी मतों के परिप्रेक्ष्य में भू-गर्भ की संरचना का स्पष्टीकरण करना बड़ा कठिन है। अतः हमें अन्य साक्ष्यों के द्वारा ही इसका समाधान ढूँढ़ना होगा।

3. प्राकृतिक साधन (Natural Sources)

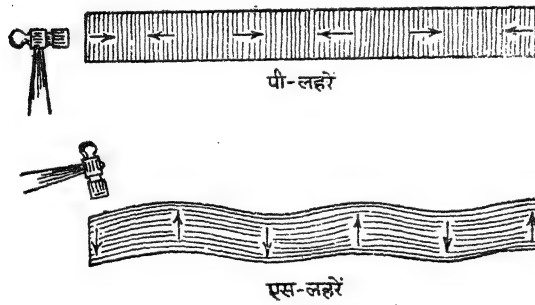
(i) ज्वालामुखी के साक्ष्य (Volcanic evidences)—जब ज्वालामुखी का उद्गार होता है तो पृथ्वी के भीतर से गर्म एवं तरल लावा उमड़ कर धरातल के ऊपर फैल जाता है। ज्वालामुखी से तरल लावे का उद्गार हमें यह मानने को विवश करता है कि पृथ्वी के भीतर एक विशाल लावे का भण्डार विद्यमान है। विद्वानों ने इसी को मैग्मा-भण्डार (Magma Chamber) कहा है। इस आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि पृथ्वी का भीतरी कुछ भाग अवश्य ही तरल अवस्था में होना चाहिए। किन्तु पूर्व में किये गये विश्लेषण से यह स्पष्ट है कि पृथ्वी के आन्तरिक भाग पर पड़ने वाले ऊपरी अत्यधिक दबाव के कारण चट्टानें वहाँ पिघल नहीं पातीं। इस प्रकार पृथ्वी का भीतरी भाग ठोस ही होगा। यह सम्भव है कि जब कभी पृथ्वी के ऊपरी भाग में दरारें आदि पड़ जाएँ तो भीतरी चट्टानों का दबाव घट जाता है। फलस्वरूप चट्टानों का द्रवणांक बिन्दु भी गिर जाता है। इसी से पृथ्वी के भीतर की चट्टानें पिघलकर ज्वालामुखी उद्गार के रूप में बाहर आ जाती हैं। स्पष्ट है कि ज्वालामुखी के उद्गार के आधार पर पृथ्वी की संरचना का स्पष्टीकरण प्राप्त करना सम्भव नहीं है।



चित्र 38—भूकम्प की तरंगें

(ii) भू-गर्भशास्त्र के प्रमाण—जब किसी अदृश्य घटना के परिणामस्वरूप पृथ्वी के किसी भाग में भूकम्प आता है तो न केवल वह भाग अचानक ही काँप उठता है, वरन् उस स्थान से भू-पटल को काँपा देने वाली लहरें चारों ओर चलने लगती हैं। विद्वानों की ऐसी मान्यता है कि यदि हम ज्वालामुखी आदि कारणों से उत्पन्न स्थानीय धक्कों को छोड़ दें तो भूकम्प वास्तविक रूप में पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों से उत्पन्न होते हैं। इन भूकम्पों के कारण भू-गर्भ की चट्टानों को किसी प्रकार का धक्का लगता है जिससे वे ग्लेशियर की तरह आगे खिसकने लगती हैं। चट्टानों के इस प्रकार खिसकने से उनमें मोड़ पड़ जाते हैं। पर जब वे किसी कारणवश आगे नहीं खिसक पातीं तो टूट जाती हैं। भू-गर्भ में चट्टानों की इस प्रकार की गति यद्यपि बहुत ही सीमित क्षेत्र में होती है परन्तु उनके आपसी संघर्ष से कम्पन लहरें (earthquake waves) सभी दिशाओं को अग्रसर होती हैं। भूकम्प की ये लहरें तीन प्रकार की होती हैं :

(1) प्राथमिक या लम्बी लहरें (Longitudinal, Primary or 'P' waves)—प्राथमिक अथवा लम्बात्मक लहरें वे भूकम्पीय लहरें हैं, जो ठीक ध्वनि तरंगों के अनुरूप होती हैं। इनमें



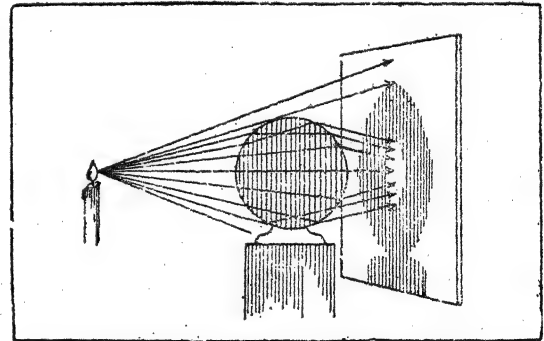
पदार्थ के कण गति की दिशा में ही प्रदोलित होते हैं। ये ठोस भाग में अत्यधिक गति से चलती हैं। ये सबसे तीव्र चलने वाली लहरें हैं। अंग्रेजी में ये 'P' Waves के नाम से पुकारी जाती हैं।

(2) गौण या आड़ी लहरें (Transverse, Secondary or 'S' waves)—ये लहरें जल तरंगों अथवा प्रकाश तरंगों से मिलती-जुलती

होती हैं। इनमें पदार्थ के कणों की गति लहर की दिशा के प्रति समकोण बनाते हुए होती है। इसी कारण इन्हें आड़ी लहरें कहते हैं। अंग्रेजी में इन्हें 'S' Waves कहा जाता है। ये लहरें पृथ्वी के भीतर अत्यधिक गहराई तक प्रवेश कर जाती हैं। ये द्रव पदार्थों में प्रायः लुप्त हो जाती हैं।

(3) धरातली लहरें (Surface waves)—ये लहरें धरातल के ऊपर तक ही सीमित रहती हैं। भू-गर्भ में ये प्रवेश नहीं हो पातीं। इनके प्रदोलन का आवृत्तिकाल अपेक्षाकृत लम्बा होता है। भूकम्पशास्त्र की भाषा में साधारणतः ये 'L' waves कहलाती हैं। ये लहरें गति में बहुत कमजोर होती हैं परन्तु अत्यन्त प्रभावशाली होती हैं।

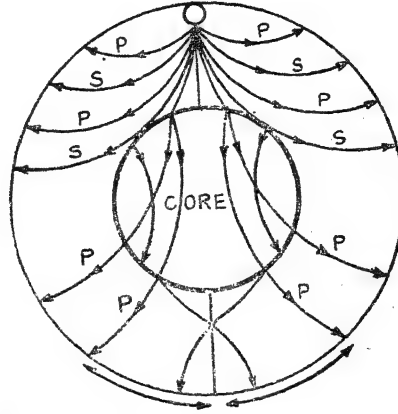
साधारणतः भूकम्प की लहरें भूकम्प-केन्द्र (epi-centre) से प्रारम्भ होकर सभी दिशाओं में धरातल की ओर चलती हैं। यदि पृथ्वी अपनी रचना में सर्वत्र समान होती तो ये लहरें सीधे रूप में ही आगे बढ़तीं। परन्तु वस्तुतः पृथ्वी की रचना सर्वत्र समान नहीं है। इसमें भिन्न-भिन्न घनत्व वाले अनेक स्तर हैं। अतः भू-गर्भ में जहाँ कहीं दो भिन्न घनत्व के स्तर मिलते हैं वहीं इन लहरों में वर्तन (refraction) और परावर्तन (reflection) हो



चित्र 40—पी-तरंगों का वक्राकार होना

जाता है। भू-गर्भ में ऐसे समतलों को जो भिन्न घनत्वों के स्तरों को अलग करता है, विचालिता तल (anamoly plane) कहा जाता है। भू-गर्भ में बार-बार पदार्थों का घनत्व बदल जाने से लहरों के मार्ग और गति पर गहरा प्रभाव पड़ता है।

लगभग 1900 ई० तक लोगों ने भूकम्प की तीन प्रकार की लहरों की पूरी जानकारी प्राप्त कर ली थी, परन्तु हाल ही में भूकम्प के निरीक्षणों से दो नवीन प्रकार की लहरों का उद्घाटन और हुआ है। 1909 ई० में क्रोशिया (Croatia) में कुल्पा की घाटी (Kulpa valley) में आने वाले भूकम्प के निरीक्षण से 'P' और 'S' लहरों से मिलती-जुलती 'Pg' और 'Sg' लहरों का पता चला है। ये लहरें ठीक 'P' और 'S' लहरों के समान ही पायी गयी हैं, परन्तु इनकी गति उनकी अपेक्षा कम

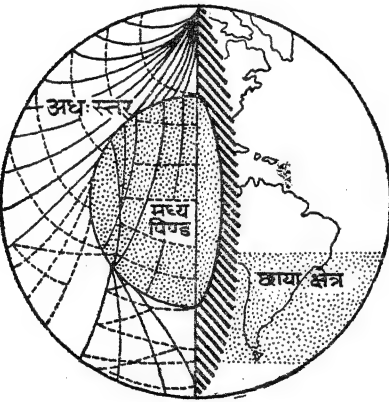


चित्र 41—भूकम्पीय लहरों का भ्रमणपथ

थी। इसी तरह सन् 1923 के ट्यूर्न (Tauern) के भूकम्प के विश्लेषण से नवीन लहरों का पता चला। इन लहरों की गति 'P' व 'S' और 'Pg' व 'Sg' लहरों की गतियों के बीच पायी गयी। इन लहरों को बाद में 'PQ' और 'SQ' लहरों के रूपों में पहचाना गया।

भू-गर्भ में लहरों के मुड़ जाने से कुछ प्रदेश उनसे बिलकुल ही प्रभावित नहीं होते। भू-गर्भ के ऐसे प्रदेशों को छाया प्रदेश (Shadow Zone) कहा गया है।

भूकम्प की कम्पन लहरों के सम्बन्ध में सबसे बड़ी ध्यान देने योग्य बात यह है कि उनकी चाल उनके माध्यम के घनत्व के अनुसार बढ़ती जाती है। अर्थात् उनके माध्यम का घनत्व जितना



चित्र 42—भूकम्पीय लहरों का मध्य पिण्ड एवं छाया चित्र

आड़ी लहरों के विपरीत प्रधान या लम्बी लहरें पृथ्वी के केन्द्र तक सरलता से प्रवेश कर जाती हैं। परन्तु इनकी चाल केन्द्रीय पिण्ड में घट जाती है। फिर केन्द्रीय पिण्ड के भीतर एकदम सीधे चले जाना इनके लिए असम्भव होता है। अतएव वे वहाँ मुड़कर बाहर निकल आती हैं।

धरातलीय लहरें प्रारम्भ में उत्पत्ति स्थान से कम्प-केन्द्र तक पहुँचती हैं और फिर धरातल की परिक्रमा करती हैं। यह देखा गया है कि धरातलीय लहरें महाद्वीपों की अपेक्षा सागर नितल में

ही अधिक होगा उनकी चाल उतनी ही अधिक तेज होती चली जायेगी। लहरों के अध्ययन से यह बात स्पष्ट विदित होती है कि पृथ्वी के अभ्यन्तर में जाने वाली लहरों की चाल गहराई के अनुसार बढ़ती जाती है। धरातल से लगभग 1,800 मील की गहराई तक तो लहरों की चाल निरन्तर बढ़ती जाती है। पर उसके उपरान्त लहरों की चाल में यकायक परिवर्तन होने लगता है। आड़ी लहरें 1,800 मील की गहराई तक पहुँचकर समाप्त हो जाती हैं। उससे आगे वे पहुँचने में असमर्थ रहती हैं। आड़ी लहरें चूँकि द्रव पदार्थ में होकर नहीं गुजर सकतीं, इसलिए यह अनुमान लगाया गया है कि पृथ्वी का केन्द्रीय पिण्ड जहाँ ये लहरें नहीं जा पातीं, द्रव अवस्था में होना चाहिए।

विस्तार होता जाता है और ये मुख्य नदी के मैदान से जा मिलते हैं। अतः ऐसे मैदानों को 'बोआब'
—दो नदियों के बीच का मैदान—कहा जाता है।



चित्र 410—बाढ़ का मैदान

नदियों की बाढ़ द्वारा बने ये मैदान अत्यन्त उपजाऊ होते हैं क्योंकि नदियाँ प्रतिवर्ष उपजाऊ मिट्टी ला-लाकर मैदान में बिछाती रहती हैं। यही कारण है कि ये मैदान संसार के घने बसे हुए भाग हैं।

(स) डेल्टा मैदान (Delta Plains)—नदी अपनी अन्तिम अवस्था में जब समुद्र में प्रवेश करती है तो उसकी प्रवाह गति बिलकुल ही शिथिल हो जाती है। इस अवस्था में उसका भार (load) बहुत अधिक बढ़ जाता है। यहाँ नदी का क्षय-कार्य प्रायः समाप्त हो जाता है। अतः नदी अपना समस्त भार मुहाने के समीप पटकती जाती है। धीरे-धीरे मुहाना इतना अधिक भर जाता है कि वह जीभ की तरह समुद्र में बढ़ जाता है। काँप के धीरे-धीरे जमा होते रहने से इसका विस्तार भूमि की ओर भी बढ़ता जाता है और एक त्रिभुजाकार आकृति का रूप बन जाता है। संसार की सभी बड़ी-बड़ी नदियाँ अपने मुहानों पर इस प्रकार के डेल्टाओं का निर्माण करती हैं।

डेल्टा मैदान प्रायः समतल और सपाट होता है। यत्र-तत्र दलदल और उथली झीलें पायी जाती हैं। इसकी ऊँचाई-निचाई बहुत ही कम होती है। यहाँ नदियों के तटों के समीप तट बाँध (levees) पाये जाते हैं। इनके कारण बहुधा नदी अनेक वितरक धाराओं में बँट जाती है। गंगा, सिन्धु, नील, पो, ह्वांगहो और मिसिसिपी आदि नदियों ने मुहानों पर बड़े-बड़े डेल्टाओं का निर्माण किया है। ये मैदान ऊपजाऊ होने के कारण घनी आबादी के केन्द्र बन गये हैं।

(2) अपोढ़ के मैदान (Drift Plains)—बड़े-बड़े हिमनद जब पहाड़ों से नीचे उतरते हैं तो अपने साथ बड़ी मात्रा में कंकड़, पत्थर, शिलाखण्ड और बालू, बजरी आदि बहा लाते हैं। जब ये हिमनद हिम-रेखा (snow line) को पहुँचते हैं तो वे पिघलने लगते हैं। अतः उनके साथ आया हुआ सब पदार्थ वहीं छूट जाता है। धीरे-धीरे इन पदार्थों का निक्षेप बढ़ता जाता है और कालांतर में मैदान का रूप धारण कर लेता है। धरातल पर इस प्रकार के मैदान अधिकतर उस समय बने जब महाद्वीप हिम-चादरों से ढके हुए थे और हिम चादरें आगे-पीछे हटने लगी थीं।

उत्तरी-पश्चिमी यूरोप और मध्य कनाडा में ऐसे मैदानों के सर्वोत्तम उदाहरण मिलते हैं। अपनी उत्पत्ति और रचना-विधि के अनुसार ये मैदान तीन प्रकार के होते हैं :

(अ) बटुड़ मृत्तिका मैदान, (ब) अपक्षेप मैदान, और (स) हिमोढ़ के मैदान।

(अ) बटुड़ मृत्तिका मैदान (Till Plains)—ये मैदान हिम के नीचे पड़े हुए निक्षेप से बनते हैं। ये अपनी रचना में लहरदार होते हैं। यहाँ मैदान में लम्बे-चौड़े तथा कम ऊँचे टीले पाये जाते



चित्र 411—अपोढ़ का मैदान

हैं। इन टीलों के बीच-बीच में उथले गर्त बने हुए रहते हैं। अतः इस प्रकार के मैदान में दलदल बहुतायत से पाये जाते हैं। इस प्रकार के मैदान का सर्वोत्कृष्ट उदाहरण न्यू इंग्लैण्ड का प्रदेश है।

(ब) अपक्षेप मैदान (Outwash Plains)—इस प्रकार के मैदान पिघलते हुए हिम से बनी धाराओं द्वारा फैलाये गये निक्षेप से बनते हैं। जल द्वारा बनने के कारण इन मैदानों में बालू, बजरी और मिट्टी की परतें पायी जाती हैं। क्रम रूप से तहों का होना इन मैदानों की विशेषता है। परतों के बीच में छोटे-मोटे गोलाश्म भी पाये जाते हैं। इन मैदानों की मोटाई भिन्न-भिन्न होती है। इन मैदानों में कहीं पत्थरों की अधिकता होती है और कहीं ये केवल बालू के ही बने हुए होते हैं। स्थान-स्थान पर मैदानों में केटली के आकार के छोटे-छोटे गर्त (kettle ponds) पाये जाते हैं। प्रायः ये मैदान उपजाऊ कम होते हैं। किन्तु इन मैदानों में आलू की खेती अच्छी होती है।

(स) हिमोढ़ के मैदान (Moraine Plains)—ये मैदान हिम-नदी के अन्तिम अथवा पार्श्ववर्ती हिमोढ़ के निक्षेप से बनते हैं। ये निक्षेप चन्द्राकार अथवा अर्द्धचन्द्राकार श्रेणियों में होते हैं। इनका आकार तथा विस्तार विभिन्न प्रकार का होता है। ये बहुत ही ऊबड़-खाबड़ होते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका तथा कनाडा में ऐसे मैदान बहुत मिलते हैं।



चित्र 412—शीलकृत मैदान हॉलैण्ड के पोल्डर्स

(3) शील के मैदान (Lacustrine Plains)—शीलों में गिरने वाली नदियाँ प्रतिवर्ष बड़ी मात्रा में शीलों के पेटे में अवसाद का निक्षेप करती रहती हैं। जब कभी अवसाद के निक्षेप से शीलों की तली भर जाती है और शील सूख जाती है तो वह मैदान में बदल जाती है। ऐसे मैदान प्रायः शुष्क प्रदेशों और हिम प्रवाहित क्षेत्रों में अधिक देखे जाते हैं। ये मैदान अपने रूप में ठीक तटीय मैदानों के अनुरूप लगते हैं। इन मैदानों में मिट्टी, बालू और तलछट की परतें होती हैं। जल प्रवाह ठीक न होने से इन मैदानों के बहुत से भाग दलदली होते हैं और कुछ भाग जल से आर्द्र रहते

के अनुसार होता है। यदि तटीय भू-भाग पहले से ही मैदानी है तो नवीन उत्थापित तटवर्ती मैदान चौड़ा होगा। किन्तु यदि तटीय भू-भाग पर्वतीय है तो नवीन तटवर्ती मैदान एक सँकरी पट्टी के रूप में होगा।

रचना की दृष्टि से तटीय मैदान साधारण और मिश्रित दोनों ही प्रकार के होते हैं। साधारण मैदानों में निरन्तर क्रमिक तहें विद्यमान होती हैं। मिश्रित मैदान समुद्र के बार-बार आगे-पीछे हटते रहने से बनते हैं। इस कारण मिश्रित मैदानों में भिन्न-भिन्न पदार्थों वाली अनुक्रमिक तहें देखी जाती हैं। कुछ तटीय मैदान धरातल की निम्न भूमि पर और कुछ धरातल की ऊँची या विषम प्रकृति वाली भूमि पर आधारित होते हैं।



चित्र 413—तटीय मैदान

तटीय मैदान अपनी प्रारम्भिक अवस्था में प्रायः समतल होते हैं परन्तु उनमें स्पष्ट ढाल का अभाव रहता है। स्थान-स्थान पर बड़े-बड़े गर्त (depression) विद्यमान रहते हैं। सम्पूर्ण मैदान आकृतिहीन और नीचा होता है। मैदान में सर्वत्र छिछली झीलें और दलदल देखे जाते हैं। इनमें जल-प्रवाह पूर्णतः अविकसित होता है। उच्च ज्वार के समय इन मैदानों में समुद्र का जल भर जाता है। मैदान में सर्वत्र बालू और काँप की समान्तर और लहरदार पट्टियाँ देखी जा सकती हैं।

तटीय मैदान अधिक दिनों तक समतल नहीं बने रहते। जल-प्रवाह के विकसित होते ही इनके रूप में परिवर्तन होने लग जाता है। अतः कालान्तर में नदियों और लहरों के प्रभाव से इनका समतल रूप नष्ट हो जाता है। ढोली काँप और बालू से बनी होने के कारण ऋतु-अपक्षय और अपरदन का इन पर शीघ्र प्रभाव होता है।

समुद्री लहरों द्वारा कहीं-कहीं तटीय मैदानों पर बालू व मिट्टी आदि एकत्र होती रहती है जिससे तटीय मैदान का समुद्र की ओर विस्तार होता जाता है। कहीं-कहीं तटों के समीप बालू की भित्तियाँ खड़ी हो जाती हैं जो मैदानों के विस्तार को समुद्र में दूर तक पहुँचा देती हैं। इन भित्तियों के कारण यहाँ जहाजों के ठहरने के लिए सुरक्षित स्थान बन जाते हैं। स्थल की ओर ये मैदान जहाँ पुरानी तट-रेखा के समीप मिलते हैं वहाँ यकायक ढाल होता है। इन पुराने तटों के अधिक ढाल होने के कारण यहाँ बहने वाली नदियों में जल-प्रपात बन जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में अटलाण्टिक तट पर बनी हुई प्रपात रेखा (fall line) इसका उदाहरण है।

तटीय मैदान यों तो प्रायः सभी महाद्वीपों में पाये जाते हैं परन्तु महत्वपूर्ण तटीय मैदानों के उदाहरण बेल्जियम, हॉलैण्ड और जर्मनी में देखने को मिलते हैं। इनके अतिरिक्त उत्तरी

पृथ्वी की विभिन्न परतों की मोटाई तथा गहराई

(Thickness and Depth of Different Layers of the Earth)

(1) **डेली का मत**—डेली महोदय ने घनत्व के आधार पर पृथ्वी की तीन परतें बतायी हैं :
 (क) **बाहरी परत (Outer zone)**—यह परत पूर्णतः सिलिकेटों द्वारा बनी हुई है। इसका औसत घनत्व 3 है और मोटाई 1600 किलोमीटर है।

(क) बाहरी परत (Outer zone)—यह परत पूर्णतः सिलिकेटों द्वारा बनी हुई है। इसका

(ख) मध्यवर्ती परत (Intermediate zone)—पृथ्वी के केन्द्र और बाह्य परत के मध्य लोहे तथा सिलिकेटों के मिश्रण की एक मध्यवर्ती परत है। इसका घनत्व 4.5 से 9 तक है और मोटाई 1280 किलोमीटर है।

(2) **जैफरीज का मत**—जैफरीज ने भूकम्प की लहरों के अनुसार पृथ्वी के निम्न चार परत सुझाए हैं :

(ख) द्वितीय परत—यह परत ग्रेनाइट चट्टानों से निर्मित है ।

(घ) चतुर्थ अथवा अन्तिम परत—इस परत का निर्माण डूनाइट, पेरीडोटाइट तथा इकलो-जाइट नामक चट्टानों से हुआ है।

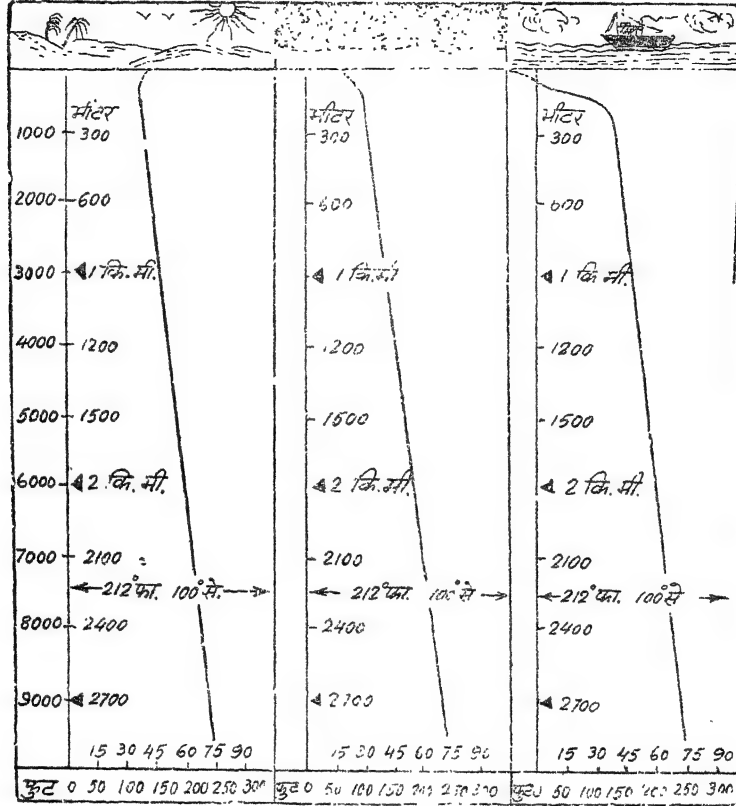
सियाल → ऊपरी परत }
 मध्यवर्ती परत } → पपड़ी या क्रस्ट
 सीमा → निचली परत → अधःस्तर या सबस्टेइटम

1. तापीय तर्कों के आधार पर—20 किमी तक या कम

1. तापीय तर्कों के आधार पर—20 किमी तक या कम
2. घरातलीय लहरों के आधार पर—15 किमी से अधिक
3. प्राथमिक लहरों के आधार पर—20 से 30 किमी के बीच
4. सबसे गहरी भूसति के घँसाव के आधार पर—20 किमी से अधिक

- | | |
|--|---|
| W. D. Thornbury | : Principles of Geomorphology. |
| Von Engeln | : Geomorphology. |
| W. G. Worcester | : A Text Book of Geomorphology |
| C. A. Cotton | : Geomorphology. |
| N. E. A. Hinds | : Geomorphology. |
| B. W. Spark | : Geomorphology. |
| Woolridge and Morgan | : An Outline of Geomorphology. |
| R. D. Salisbury | : Physiography. |
| R. S. Tarr and L. Martin | : College Physiography. |
| C. E. Tolman | : Ground Water. |
| C. R. Longwell, A. Knopf and R. F. Flint | : A Text Book of Geology. |
| Gilluly, Waters and Woodford | : Principles of Geology. |
| R. F. Flint | : Glacial and Pleistocene Geology |
| W. B. Wright | : The Quaternary Ice Age. |
| R. A. Bagnold | : The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. |
| M. N. Hill | : The Sea-Ideas and Observation, Vol. I. |
| D. W. Johnson | : Shore Processes and Shoreline Development. |
| V. Cornish | : Ocean Waves and Kindred Geophysical Phenomena. |
| A. Rittmann | : Volcanoes and Their Activity. |
| Guilcher | : Coastal and Submarine Morphology. |
| C. A. Cotton | : Volcanoes as Landscape Forms. |
| J. D. Dana | : Characteristics of Volcanoes. |
| R. A. Daly | : Igneous Rocks and Their Origin. |
| G. W. Tyrell | : Volcanoes |
| N. H. Heck | : Earthquakes. |
| P. Byerly | : Seismology. |
| R. A. Daly | : Our Mobile Earth. |
| J. Milne | : Earthquakes and Other Earth Movement |
| H. Jeffreys | : Earthquakes and Mountains. |
| J. Joly | : Surface History of the Earth. |
| J. A. Steers | : Unstable Earth. |
| B. Gutenberg | : Internal Constitution of the Earth. |
| Miller | : The Skin of the Earth. |
| Gregory | : Earthquakes and Volcanoes. |
| White | : Study of the Earth-Geophysical Science. |
| Roderick Peattie | : Mountain Geography. |
| J. Geikie | : Mountains—Their Origin, Growth and Decay. |
| J. W. Gregory | : Geography—Structural, Physical and Comparative. |
| J. E. Marr | : The Scientific Study of Scenery. |
| Finch and Trewartha | : Physical Elements of Geography. |
| Freeman | : Essentials of Geography. |
| Defant | : Physical Geography. |
| Kellaway | : A Background of Physical Geography. |
| N. K. Horrocks | : Physical Geography and Climatology. |

खोज करने से वैज्ञानिकों को पता चला है कि तेजोद्गार या रेडियोधर्मी तत्त्वों में यूरेनियम और थोरियम दो तत्व मुख्य हैं। ये दोनों ही तत्व धरातल पर विछी चट्टानों में विस्तृत रूप से पाये जाते हैं। इन तत्वों के अणु स्वतः टूटने रहते हैं। टूटने पर ये पृथ्वी के भीतर प्रचुर गर्मी पैदा कर देते हैं। टूटने के उपरान्त इनके अवशिष्ट भाग अन्य खनिजों में बदल जाते हैं; जैसे यूरेनियम



चित्र 47—महस्थलों, ध्रुवों तथा समुद्रों के नीचे गहराई के अनुसार ताप-वृद्धि की दरें और थोरियम टूटकर नष्ट हो जाने पर हीलियम और सीसे में बदल जाते हैं। परन्तु इस अन्तिम अवस्था के पूर्व कई मध्यवर्ती खनिज भी देखे गये हैं जिनमें रेडियम का सरलता से नाम लिया जा सकता है।

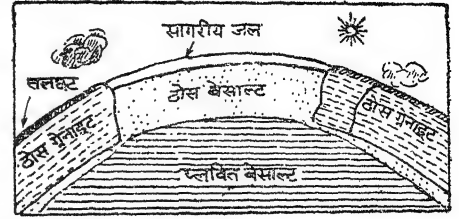
तेजोद्गार तत्वों की क्रिया धरातलीय इतिहास और धरातलीय रूपों को भली प्रकार समझने के लिए बड़ी महत्वपूर्ण है। एक ओर जहाँ रेडियोधर्मी तत्वों की खोज ने पृथ्वी की आयु और उसके शीतल होने के इतिहास की पुरानी समस्याओं का रूप ही बदल दिया है, वहाँ दूसरी ओर भू-गर्भिक काल के निर्णय के लिए बड़ा ही सीधा और सरल आधार प्रदान करती है। किसी भी खनिज में तेजोद्गार पदार्थ एक निश्चित अनुपात में ही होते हैं। इन तत्वों के विखण्डन से अन्त में हीलियम और सीसा बनता है। यदि यह मान लिया जाय कि प्रारम्भ में खनिजों में हीलियम और सीसा थे ही नहीं और वे उनमें धीरे-धीरे एकत्र हुए हैं तो किसी भी खनिज अथवा आग्नेय चट्टानों (जिनमें वे जम गये हैं) में यूरेनियम और सीसे का अनुपात देखकर यह सरलता से बताया जा सकता है कि उस खनिज का निर्माण-काल क्या है। फिर खनिजों के स्फट (crystals) भी किसी चट्टान के शीतल होने पर बने होंगे, अतः यह भी बताया जा सकता है कि चट्टान बनने का समय

क्या है ? इस गणना के आधार पर प्राचीनतम आग्नेय चट्टानें करीब 150 करोड़ वर्ष पुरानी ठहरती हैं। इस दृष्टि से पृथ्वी की आयु उसके वास्तविक जन्म से गणना करने पर उपरोक्त संख्या (150 करोड़ वर्ष) से अधिक ही होगी।

भू-गर्भ में तेजोद्गार तत्त्वों की कितनी मात्रा है ? इस प्रश्न के सही उत्तर के द्वारा ही पृथ्वी के भीतर गर्मी और उसके शीतल होने की अवस्था का सही अनुमान हो सकता है। धरातल की चट्टानों का विश्लेषण करने पर इन तत्त्वों का जो अनुपात उनमें मिला है, यदि उसी अनुपात में ये तत्त्व भू-गर्भ में भी वर्तमान हैं तो भू-गर्भ में उत्पन्न गर्मी संचालन द्वारा धरातल पर आकर नष्ट होने वाली गर्मी की अपेक्षा कई गुना अधिक होती होगी। उस पहली को बुझाने के लिए विद्वानों ने कई हल प्रस्तुत किये हैं। कुछ विद्वानों की मान्यता है कि चूँकि चट्टानें ताप की उत्तम संचालक (good conductor) नहीं हैं, इसलिए भू-गर्भ में अधिक उत्पन्न हुई गर्मी फैलकर नष्ट नहीं हो सकेगी और परिणामस्वरूप पृथ्वी उत्तरोत्तर गरम होती जायगी। परन्तु पृथ्वी के अधिकाधिक गरम होने की कल्पना अनेक तथ्यों से मेल नहीं खाती। फलतः कुछ विद्वानों ने यह निष्कर्ष निकाला है कि स्वयं विखण्डित होने वाले तत्त्व हल्के हैं, और इसलिए ये पृथ्वी की ऊपरी परतों में ही अधिक पाये जाते हैं। ग्रेनाइट अथवा सिआल प्रकार की चट्टानों के विश्लेषण से भी इस मत की पुष्टि हो जाती है। सिआल चट्टानों में पृथ्वी के निम्न-स्तर की लौह-मिश्रित चट्टानों की अपेक्षा तेजोद्गार तत्त्व अधिक मात्रा में पाये जाते हैं। भू-गर्भ में विभिन्न परतों की कल्पना भी इस आधार पर स्पष्ट हो जाती है। यह एक सर्वमान्य तथ्य है कि पृथ्वी प्रारम्भ में द्रव अवस्था में थी। पृथ्वी की उस अवस्था में लोहे और निकिल जैसी भारी धातुएँ नीचे बैठ गयीं और सिलिकेटों के परत से अलग हो गयीं। सिलिकेटों के परत में से भी दो या दो से अधिक परत अलग हो गये। पृथ्वी के हल्के तत्त्व, धातु शोधन की भट्टी में जिस प्रकार मैग ऊपर जमा हो जाता है, उसी प्रकार ऊपर आकर जमा हो गये होंगे। इस प्रकार धरातल के समीप अधिकाधिक तेजोद्गार तत्त्व एकत्रित हो गये। इस विचारधारा के अनुसार यदि यह मान लिया जाय कि पृथ्वी के भीतरी भागों में इन तत्त्वों की इतनी कमी है कि उससे जितनी गर्मी निकलती है उससे अधिक धरातल पर आकर नष्ट हो जाती है तो पृथ्वी के शीतल होने की क्रिया की गति केल्विन (Kelvin) के अनुमान से भी कम हो सकती है।

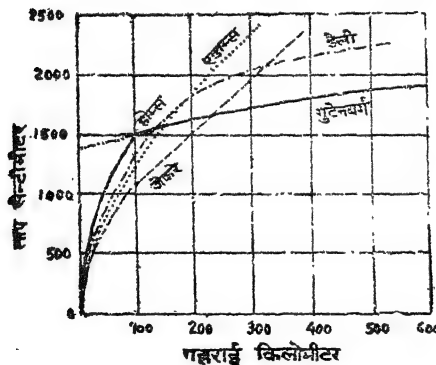
जैफ्रे ने गहराई के साथ तेजोद्गार पदार्थों के शीघ्रता से कम होते जाने वाली उपर्युक्त धारणा के आधार पर पृथ्वी के शीतल होने का अनुमान लगाया। उसके मतानुसार प्रारम्भ में पृथ्वी ठीक एक गरम कढ़ाहे के समान थी जिसमें धातुएँ और खनिज भीषण रूप से उबाल खाते थे। उबाल खाने से ज्योंही पदार्थ ऊपर आते थे उनकी गर्मी कम हो जाती थी। इस तरह ऊपर के ठण्डे कण भारी होने से नीचे बैठते थे और नीचे के गरम कण हल्के होने से ऊपर उठते थे। संवहन (convection) की इस क्रिया से पृथ्वी धीरे-धीरे ठण्डी होने लगी। अन्त में जब पृथ्वी का तापमान द्रवणांक बिन्दु पर पहुँच गया तो द्रव पदार्थ के तापमान में थोड़ी-सी कमी होते ही ठोस अवस्था में बदलने लग जाते हैं। इस अवस्था में समस्त पृथ्वी के भीतर तापमान समान रूप से कम होता रहा। परन्तु उनके पश्चात् परिस्थितियाँ बदल गयीं। बाद में जिस तापमान पर धरातल पर द्रवणांक होता था उस तापमान पर भू-गर्भ में द्रवणांक नहीं हो सकता था। भू-गर्भ के पदार्थों पर चूँकि ऊपर का भारी बोझ लदा रहता है, इस कारण वहाँ द्रव पदार्थ धरातल से कुछ भिन्न तापमान पर ही ठोस रूप में बदल सकते हैं। फलतः यह माना जा सकता है कि पदार्थों के ठोस अवस्था में बदलने की क्रिया धरातल से कुछ नीचे ही शुरू हो गयी होगी और वह बराबर धीरे-धीरे ऊपर की ओर बढ़ी होगी, जिससे अन्त में ठोस धरातल का निर्माण हुआ। पृथ्वी के ठोस

बनने की क्रिया के साथ ही उसके शीतल होने की रीति भी बदल गयी। अब पृथ्वी संवहन (convection) के स्थान पर संचालन (conduction) विधि द्वारा शीतल होने लगी। जहाँ तक ऊपरी परत का प्रश्न है वह उसी प्रकार ठण्डी हुई होगी जिस प्रकार कि गरम दूध में पहले मलाई पड़ जाती है और फिर वह धीरे-धीरे मोटी होती जाती है। जैफ्रे ने गणना करके यह बताया है कि मध्य स्तर के 30 किलोमीटर नीचे द्रवणांक



तापमान के उपरान्त पृथ्वी 800° सेण्टीग्रेड तक अवश्य ठण्डी हुई होगी, परन्तु इस तरह से 600 किलोमीटर नीचे कुछ ही अंश तक शीतल हुई होगी। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि इस गहराई पर और इससे भी कुछ कम गहराई के भू-पदार्थों में यद्यपि परिदृढ़ता (rigidity) मौजूद है, परन्तु उनमें ठोस पदार्थों जैसी कठोरता (strength) नहीं है। इसके विपरीत उनमें द्रव पदार्थों जैसा लचीलापन है। फलतः अधिक दबाव पड़ने पर वह द्रव पदार्थ की भाँति बह सकता है। परिदृढ़ता के कारण इस भाग पर ज्वार-भाटे का कोई प्रभाव नहीं होता। इस लचीले भाग में भूकम्प की लहरें उसी तरह प्रवेश कर जाती हैं जिस प्रकार वे ठोस पदार्थ में से होकर गुजरती हैं। ऊपरी ठोस परत और इस लचीले भाग में कोई स्पष्ट विभाजक रेखा नहीं खींची जा सकती। सम्भवतः दोनों में धीरे-धीरे ही अन्तर पड़ना होगा। इसके अतिरिक्त हम स्थलमण्डल की निश्चित मोटाई भी नहीं बता सकते। जैफ्रे के अनुसार इसमें भूकम्पविदों के 'ऊपरी', 'मध्य' और 'निचले' स्तर का अज्ञात भाग सम्मिलित है।

पृथ्वी के शीतल होने के इतिहास और उसके भीतर वर्तमान तापमान की अवस्थाओं के बारे में जैफ्रे के विचारों को यद्यपि लोग आदर और श्रद्धा की दृष्टि से देखते हैं परन्तु फिर भी विद्वानों ने इस बारे में शंकाएँ प्रकट की हैं। जैफ्रे ने माना है कि तेजोद्गार पदार्थ गहराई के साथ उत्तरोत्तर कम होते जाते हैं। परन्तु इस बारे में वैज्ञानिकों ने अपना मतभेद प्रकट किया है। सभी लोग इस बात को मानते हैं कि यदि तेजोद्गार पदार्थ पृथ्वी में समान रूप से पाये जाते हों तो पृथ्वी के शीतल होने का तरीका जैफ्रे के बताये हुए तरीके से बिल्कुल भिन्न होगा। ऐसी दृष्टि में अतिरिक्त गर्मी के कारण पृथ्वी का भीतरी भाग धरातल से कुछ ही गहराई पर द्रव अवस्था में होता। अतः पृथ्वी में तेजोद्गार पदार्थों के समान रूप से पाये जाने वाली बात को मान लेने का कोई कारण प्रतीत नहीं होता। परन्तु यदि गहराई की परतों में तेजोद्गार पदार्थों की मात्रा जैफ्रे के द्वारा बतायी हुई



चित्र 49—गहराई पर ताप-वृद्धि के बारे में विभिन्न मत

मात्रा से थोड़ी-सी अधिक हुई तो भू-गर्भ में इतनी गर्मी हो जायगी कि वह द्रव अवस्था में बनी रहे। प्रो० होमस ने तेजोद्गार तत्त्वों के धरातल के समीप एकत्र होने वाले मत का जोरदार खण्डन किया है। उसने इसको असम्भव-सी घटना बताया है। उसकी मान्यता है कि भू-पृष्ठ (crust) अर्थात् ऊपरी और मध्य परत में मौजूद तेजोद्गार तत्त्वों से इतनी गर्मी उत्पन्न होती रहती है जितनी कि धरातल से निकलकर शून्य में नष्ट हो जाती है। होमस का यह भी कहना है कि यदि भू-पृष्ठ की साधारण बेसाल्ट चट्टानों में पाये जाने वाले तेजोद्गार तत्त्वों का केवल 1/700वाँ भाग भी अधःस्तर (substratum)

की चट्टानों में मौजूद हो तो इस थोड़ी-सी मात्रा से भी वहाँ इतनी गर्मी उत्पन्न होगी कि अधःस्तर के पदार्थ सदा द्रव अवस्था में बने रहेंगे। यही नहीं, इस भाग में धीमी-धीमी संवहन (convection) धाराओं द्वारा गर्मी ऊपर की ओर भू-पृष्ठ (crust) की निचली सतह (base) तक पहुँचती रहेगी। यदि हम प्रो० होम्स के द्वारा सुझाये गये इस मत को स्वीकार कर लें तो महाद्वीपों के खिसकने और पर्वतों के निर्माण के लिए उचित शक्ति की समस्या हल हो जाती है। क्योंकि इनके लिए उचित शक्ति अधःस्तर की संवहन तरंगों द्वारा प्राप्त हो सकती है। यद्यपि होम्स द्वारा प्रतिपादित सिद्धान्त की सत्यता गणितीय प्रमाणों द्वारा होना शेष है, परन्तु फिर भी यह पृथ्वी के मुख्य रूपों को समझाने के लिए सबसे उत्तम और मान्य सिद्धान्त है।¹

¹ Woolridge and Morgan : *Physical Basis of Geography*, p. 22

5

भू-सन्तुलन का सिद्धान्त (THEORY OF ISOSTASY)

यदि पृथ्वी के इतिहास को देखें तो ज्ञात होगा कि इसके धरातल का रूप कभी एक जैसा नहीं रहा। इसके रूप में परिवर्तन होता रहता है। यह परिवर्तन पृथ्वी की बाह्य और आन्तरिक शक्तियों के योग से होता है। इसमें भू-गर्भ की आन्तरिक हलचलें विशेष महत्त्वपूर्ण और प्रभावशाली होती हैं। अतः धरातल के रूप परिवर्तन में ये अधिक सार्थक होती हैं। भू-गर्भ में ये हलचलें क्यों घटित होती हैं, और धरातल पर ये किस प्रकार परिवर्तन उपस्थित करती हैं, इन सब प्रश्नों का समाधान भू-सन्तुलन (Isostasy) के विचार के बिना कदापि सम्भव नहीं है।

यदि हम पृथ्वी के वर्तमान स्वरूप पर दृष्टि डालें तो विदित होता है कि इसके धरातल पर पर्वत, पठार, मैदान, झीलें, सागर, महासागर एवं द्वीप आदि अनेक भू-रूप विद्यमान हैं। ये सब भू-रूप अपने आकार-प्रकार में पर्याप्त भिन्न हैं। इस भिन्नता के विपरीत ये सब धरातल पर स्थित हैं। इससे प्रकट होता है कि ये सब आकृतियाँ किसी न किसी व्यवस्था के अनुसार सन्तुलित हैं, अन्यथा ये सब अपने वर्तमान रूप में भूपटल पर कदापि स्थिर नहीं रहतीं। अतः जिस नियम के अनुसार ये सब भू-रूप स्थिर हैं उसे भू-सन्तुलन की संज्ञा दी गयी है। अँग्रेजी में भू-सन्तुलन के लिए आइसोस्टेसी (Isostasy) शब्द काम में लिया जाता है। यह आइसोस्टेसी (Isostasy) ग्रीक शब्द 'Isostasias' से बना है जिसका अर्थ सम-स्थिति (in equipoise) से होता है। अर्थात् परिभ्रमण करती हुई पृथ्वी पर ऊपर उठे पर्वत, पठार एवं मैदानी क्षेत्रों तथा गहराइयों में स्थित सागर व महासागर आदि क्षेत्रों के मध्य भौतिक अथवा यान्त्रिक स्थिरता की दशा को भू-सन्तुलन कहा जाता है। "Isostasy simply means a mechanical stability between the up standing parts and low lying basins on a rotating earth." आर्थर होम्स के अनुसार, "सन्तुलन की वह दशा जो स्थल के बड़े-बड़े भागों में पायी जाती है, जो विभिन्न सतह पर पर्वत, पठार और मैदान आदि के रूप में फैले रहते हैं, भू-सन्तुलन कहलाते हैं।"¹ इसका आशय यह है कि पृथ्वी के विशाल भू-भागों के बीच सन्तुलन की स्थिति उनकी चट्टानों के पृथक् घनत्व के कारण होती है। जे० ए० स्टीयर्स ने इस सिद्धान्त को स्पष्ट करते हुए बताया है कि "पृथ्वी के धरातल पर जहाँ कहीं

1 "Isostasy is the corresponding state of balance which exists between extensive blocks of the earth's crust which rise to different levels and appear at the surface as mountain ranges widespread plateaus or plains."—A. Holms, *Principles of Physical Geology*, p. 15.

भी सन्तुलन विद्यमान है, समान धरातलीय क्षेत्रों के नीचे पदार्थ की मात्रा (mass) भी समान होगी।¹ अर्थात् एक महाद्वीपीय भू-खण्ड जो कि समुद्र की औसत गहराई से दो-तीन मील ऊँचा है, समुद्र-तल की तुलना में अवश्य ही हल्के पदार्थों का बना होगा और इसकी अधिक औसत ऊँचाई के सन्तुलन के लिए हल्के पदार्थों का विस्तार इसके नीचे काफी गहराई तक होगा, ताकि महाद्वीप और महासागर स्थायी सन्तुलन की अवस्था में रह सकें।

भू-सन्तुलन के सिद्धान्त की सर्वप्रथम डटन नामक एक अमरीकी भू-गर्भशास्त्री ने व्याख्या की। उसने इस शब्द का प्रयोग सन् 1889 में धरातल के असमतल भागों—महाद्वीप और महासागर—के बीच वर्तमान सन्तुलन और उनके द्रव-स्थैतिक सन्तुलन (hydrostatic balance) को प्राप्त करने के सम्बन्ध में किया था। अर्थात् उसका तात्पर्य यह स्पष्ट करना था कि धरातल के असमतल भागों—ऊँचे पर्वतों, पठारों, मैदानों और समुद्रों के नीचे पदार्थ का भार बराबर है। उसकी यह धारणा थी कि ऊँचे उठे हुए भाग कम घनत्व की तथा निचले भाग अधिक घनत्व की चट्टानों से बने हुए हैं। यदि ऐसा न हो तो निरन्तर भ्रमणशील पृथ्वी पर एक ओर ऊँचे पर्वतों तथा दूसरी ओर गहरे समुद्रों का पाया जाना कदापि सम्भव नहीं होगा। किसी कारणवश जब कभी पृथ्वी के इस भार में घट-बढ़ होती है तो धरातल पर अवश्य ही परिवर्तन होते हैं। ये परिवर्तन प्रायः इतने सामान्य होते हैं कि उनका हमें कोई अनुभव नहीं होता। भू-गर्भवेत्ताओं ने बताया है कि अधि-नूतन हिमयुग (pleistocene ice age) में उत्तरी अमरीका एवं यूरोप के उत्तरी भागों पर हिम की मोटी चादर बिछ गयी थी जिसके दबाव से वहाँ की भूमि नीचे धँसक गयी। कालान्तर में जब हिम पिघल गया तो दबाव की कमी हो गयी और वहाँ की भूमि पुनः ऊपर उठ गयी। इस प्रकार यह उदाहरण सन्तुलन की प्रक्रिया को प्रमाणित करने के लिए ज्वलन्त प्रमाण है।

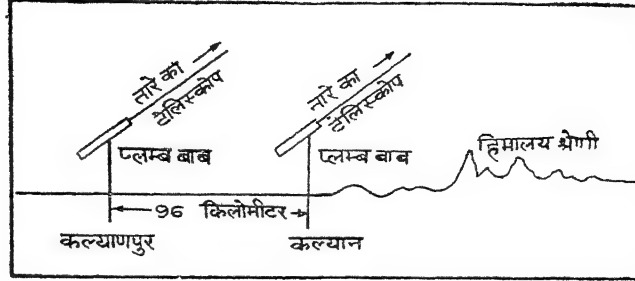
पृथ्वी के भीतर सन्तुलन की प्रक्रिया किस प्रकार सम्पन्न होती है, इसको स्पष्ट करने के लिए डटन ने भू-गर्भ में एक ऐसे तल की कल्पना की है जिस पर ऊँचे उठे हुए भागों तथा नीचे धँसे हुए भागों का दबाव एकसमान होगा। इस तल को भू-सन्तुलन तल (isostatic level) अथवा समदाब तल (level of uniform pressure) कहा जाता है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि इस तल के ऊपर सभी भागों की चट्टानों का दाब एकसमान रहता है, चाहे कोई भाग कितना ही ऊँचा क्यों न हो और उसकी बनावट कैसी भी क्यों न हो। जो भाग जितना ऊँचा होता है उसका घनत्व उतना ही कम और जो भाग जितना नीचा होता है उसका घनत्व उतना ही अधिक होता है, जिससे दोनों भागों का दाब भू-सन्तुलन तल पर समान हो जाता है। अतः किसी क्षेत्र के ऊपर जब किसी प्रकार निक्षेप अथवा लावा के उद्गार से दबाव बढ़ जाता है या बर्फ के पिघलने अथवा अपरदन के फलस्वरूप दबाव कम हो जाता है तो सन्तुलन भंग हो जाता है। भू-गर्भ में इसकी पूर्ति मैग्मा के इधर-उधर हटने अथवा ऊपर-नीचे होने से होती है। इसको भू-सन्तुलन पूर्ति (isostatic compensation) कहते हैं। पृथ्वी के भीतर सन्तुलन पूर्ति की अधिकतम गहराई सन्तुलन-तल है। इस प्रकार डटन के विचारों से क्षतिपूर्ति की अवधारणा (concept of compensation) का जन्म हुआ। इसको प्रमाणित करने में भू-गणितवेत्ताओं (geodesists) ने पर्याप्त सहायता पहुँचायी और इसको सिद्धान्त रूप में आगे विकसित भी किया।

सन्तुलन के सिद्धान्त का प्रतिपादन

भू-सन्तुलन के विचार का जन्म सर्वप्रथम भारत में हिमालय के दक्षिण में सिन्धु-गंगा के मैदान में भू-सर्वेक्षण (geodetic survey) करते समय हुआ। सन् 1859 में भारतीय भू-मापन

¹ “Wherever equilibrium exists on the earth’s surface, equal mass must under-line equal surface.”—J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 71

विभाग के अध्यक्ष जे० एच० प्राट यहाँ भू-मापन कार्य करा रहे थे। भू-मापन करते समय यह ज्ञात हुआ कि कल्याणपुर और कल्याण दो स्थानों के अक्षांशों का अन्तर ज्योतिष की रीति से तथा त्रिकोणीकरण की रीति से एकसमान नहीं आता। दोनों प्रकार की नापों में $5.236''$ अर्थात् 5 सेकण्ड का अन्तर रहा।¹ इन स्थानों में से कल्याण गाँव हिमालय पर्वत से केवल 96 किमी की दूरी पर था। आकर्षण पर प्रभाव डालने वाली सभी बातों (अर्थात् अक्षान्तर, देशान्तर, ऊँचाई व



चित्र 50—प्राट का प्रयोग

भू-आकार आदि) पर विचार कर जब हिसाब लगाया गया तब भी उस स्थान से आकर्षण की गणना और वास्तविक आकर्षण की दशा में कुछ अन्तर बना ही रहा। कभी दोनों के मूल्य समान नहीं हुए जिससे समस्या बड़ी जटिल हो गयी। इस अन्तर का कोई मूल कारण ज्ञात नहीं हो सका। अतः इस अन्तर को आकर्षण की असंगति (gravity anomaly) कहा गया। धीरे-धीरे इस असंगति का कारण ढूँढ़ने की चेष्टा होने लगी।

जब यह समस्या एयरी महोदय के सामने रखी गयी तो उन्होंने हिमालय पर्वत की निकटता को देखकर यह मत व्यक्त किया कि दोनों नापों में अन्तर का मूल कारण हिमालय की आकर्षण शक्ति है। हिमालय अपनी आकर्षण शक्ति से सीस-रेखा को आकर्षित कर रहा था जिससे यह अन्तर उपस्थित हुआ है।

जब यह समस्या प्राट महोदय के सामने रखी गयी तो उसने अनुमान लगाया कि हिमालय की भारी चट्टानों ने सीस रेखा (plumb line) को अपनी ओर आकर्षित कर लिया होगा।

परन्तु जब उसने समस्त पर्वत पिण्ड का घनत्व 2.7 मानकर (जो कि भू-पटल की चट्टानों का औसत घनत्व है) गणना की तो उसके आश्चर्य की सीमा न रही, क्योंकि सीस-रेखा का झुकाव उसकी गणना से बहुत कम था। उसकी गणना के अनुसार कल्याणपुर और कल्याण के बीच अन्तर $5.236''$ की अपेक्षा $15.885''$ अर्थात् 15 सेकण्ड होना चाहिए था। स्पष्ट है कि हिमालय सीस-मुण्ड को उतना आकर्षित नहीं कर रहा है जितना कि उसे करना चाहिए था। अतः इस सम्बन्ध में दो विकल्प सामने रखे गये :

(i) पर्वतीय भाग बहुत ही हल्के पदार्थों से निर्मित हैं, अतः उनका घनत्व इतना अधिक नहीं है जितना कि अनुमान किया गया है।

(ii) भू-पटल के ऊँचे भू-भागों एवं पर्वतों में पदार्थ की अधिकता का सन्तुलन धरातल के नीचे के पदार्थों के घनत्व की कमी से हो जाता है।

प्रथम धारणा के अनुसार कई विद्वानों ने यह निष्कर्ष निकाला कि पर्वत पूर्णतः अथवा आंशिक रूप से खोखले हैं। कुछ विद्वानों ने तो यहाँ तक कह डाला कि पर्वत केवल पानी के

¹ Gilluly, Waters and Woodford : *Principles of Geology*, p. 159

बुलबुलों के समान हैं। किन्तु इनके विचारों को कोई समर्थन प्राप्त नहीं हुआ क्योंकि भू-विज्ञान के प्रमाण इसके बिलकुल विपरीत हैं। अतः दूसरी धारणा को ही लोगों ने सही माना और यह निष्कर्ष निकाला गया कि पृथ्वी के प्रधान भू-आकारों के कारण उत्पन्न आकर्षण की स्थानीय अधिकता का सन्तुलन धरातल के नीचे पदार्थ के घनत्व की कमी के कारण हो जाता है।

“Local excess of attraction, due to major relief features was compensated for by some deficiency of density below the surface.”

इस प्रकार सन्तुलन के सिद्धान्त का प्रतिपादन हुआ। इस विषय में विभिन्न विद्वानों ने भिन्न-भिन्न मत व्यक्त किये हैं जो निम्न प्रकार हैं :

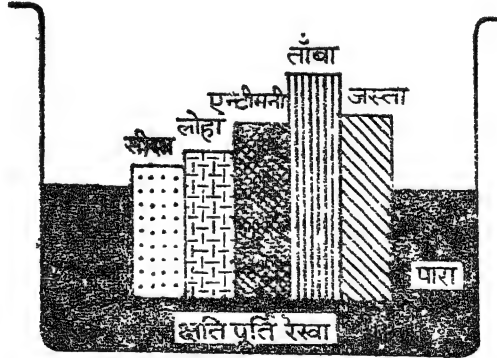
भू-सन्तुलन के सम्बन्ध में प्राट का मत

प्राट महोदय ने हिमालय के भू-सर्वेक्षण के समय उसके आकर्षण की असंगति का हल ढूँढ़ने का बहुत प्रयास किया था। उसने हिमालय पर्वत की चट्टानों तथा समीपवर्ती मैदानी भाग की चट्टानों के अध्ययन के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला कि पर्वत कम घनत्व वाले पदार्थों से निर्मित हैं। इसी प्रकार उसने यह भी बताया कि पर्वतों का घनत्व पठारों से, पठारों का घनत्व मैदानों से तथा मैदानों का घनत्व समुद्री तलों से कम होता है। दूसरे शब्दों में घनत्व और ऊँचाई में विपरीत अनुपात होता है। इसके अतिरिक्त प्राट ने एक क्षतिपूर्ति तल (level of compensation) की धारणा को भी प्रस्तुत किया। उसके अनुसार भू-गर्भ में एक क्षतिपूर्ति तल होता है, जिसके ऊपर घनत्व में अन्तर पाया जाता है। इस तल के नीचे घनत्व समान रहता है। उसने यह भी प्रतिपादित किया कि एक स्तम्भ से दूसरे स्तम्भ में घनत्व में अन्तर हो सकता है किन्तु एक-ही स्तम्भ (column) में घनत्व नहीं बदलता। इस प्रकार प्राट ने ‘uniform depth with varying density’ की धारणा को स्पष्ट किया।

प्राट ने क्षतिपूर्ति तल को स्पष्ट करते हुए यह समझाने का भी प्रयास किया है कि क्षतिपूर्ति रेखा के सहारे धरातल के बराबर क्षेत्र के नीचे समान भार (mass) होता है। (Equal mass must underlie equal surface area.)

इस तथ्य को उसने प्रयोग द्वारा सिद्ध कर यह बताया है कि क्षतिपूर्ति रेखा के सहारे किन्हीं भू-भागों का भार बराबर होगा। साथ ही उसने यह भी प्रतिपादित किया कि घनत्व तथा ऊँचाई में उल्टा अनुपात होगा : ऊँचे स्तम्भ में कम घनत्व और नीचे स्तम्भ में अधिक घनत्व।

(“Bigger the column lesser the density, smaller the column greater the density.”) उसके अनुसार घनत्व में अन्तर केवल स्थल मण्डल में ही होता है, न कि पाइरोस्फीयर व बैरीस्फीयर में। प्राट ने इस प्रकार तैराव के नियम (Law of Floatation) को पूरी तरह निरस्त कर दिया और अपना पूर्ण विश्वास क्षतिपूर्ति तल के नियम में व्यक्त किया। प्राट ने यह भी स्पष्ट किया कि पृथ्वी के विभिन्न उच्चावचन इसलिए स्थिर हैं कि उनका घनत्व समान नहीं है, परन्तु उनका भार सन्तुलन-रेखा के सहारे बराबर होता है, जैसा कि संलग्न चित्र से स्पष्ट होता है।



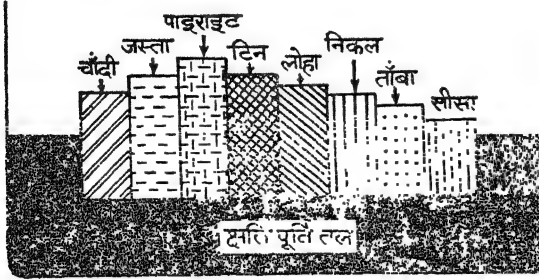
चित्र 51—प्राट का सन्तुलन सिद्धान्त

प्राट ने इस प्रकार तैराव के नियम (Law of Floatation) को पूरी तरह निरस्त कर दिया और अपना पूर्ण विश्वास क्षतिपूर्ति तल के नियम में व्यक्त किया। प्राट ने यह भी स्पष्ट किया कि पृथ्वी के विभिन्न उच्चावचन इसलिए स्थिर हैं कि उनका घनत्व समान नहीं है, परन्तु उनका भार सन्तुलन-रेखा के सहारे बराबर होता है, जैसा कि संलग्न चित्र से स्पष्ट होता है।

एअरी तथा प्राट के मतों पर विचार करते हुए बोवी (Bowie) ने बताया है कि यद्यपि प्राट प्रत्यक्ष रूप में तैराव के नियम में विश्वास नहीं करते फिर भी उसके मत में तैराव के नियम (Law of Floatation) तथा जड़-निर्माण (root formation) के विचार की झलक देखी जा सकती है। इसके अतिरिक्त उसने यह भी बताया कि दोनों के विचार एक समान प्रतीत होते हैं। यद्यपि उनमें पूर्ण एकता नहीं है किन्तु समानता है। (Both the views appear to him similar, but not the same.)

भू-सन्तुलन के सम्बन्ध में हेफोर्ड व बोवी का मत

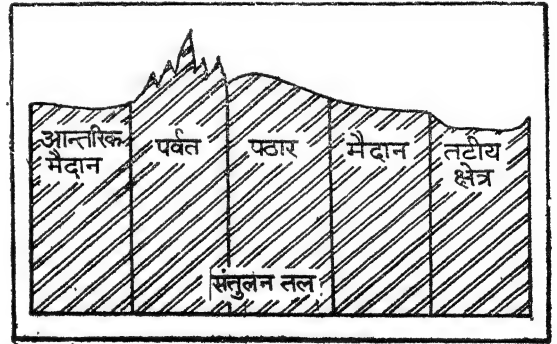
बीसवीं सदी के प्रारम्भ में संयुक्त राज्य अमरीका के समुद्रतट और आकार की खोज करते समय हेफोर्ड और बोवी नामक वैज्ञानिकों ने इस महान कार्य को अपने हाथों में लिया और इस दिशा में महत्वपूर्ण कार्य सम्पादित किया।



हेफोर्ड ने इस सम्बन्ध में यह विचार प्रकट किया कि भू-पटल के नीचे एक ऐसा तल (level) है जिसके नीचे समस्त पृथ्वी का घनत्व एक-समान है, किन्तु इस तल के ऊपर पदार्थों के घनत्व में अन्तर पाया जाता है। इस तल का नाम उसने समतोल चित्र (compensation level) रखा। इस

चित्र 52—बोवी का सन्तुलन सिद्धान्त

अन्तर को समझाने के लिए उसने यह बताया कि यदि इस तल के ऊपर एकसमान आकार बनाने वाले स्तम्भ (columns of equal cross section) खड़े कर दिये जायें तो उनका घनत्व उनकी ऊँचाई के विलोम के अनुपात में होगा। उदाहरण के लिए, दिये हुए चित्र में अलग-अलग घनत्व वाले चार स्तम्भ दिखाये गये हैं जो क्रमशः आन्तरिक मैदान, पठार, तटीय मैदान और अनुतटीय क्षेत्र को प्रकट करते हैं। ये सब इस प्रकार खड़े हैं कि समतोल तल पर बराबर-बराबर दबाव डाल रहे हैं। परन्तु इन सब स्तम्भों का घनत्व इनकी ऊँचाई के विलोम के अनुपात में है। इस प्रकार ये सब एक-दूसरे को सन्तुलित बनाये हुए हैं। बोवी ने 'समतोल तल' की धारणा को एक उदाहरण द्वारा स्पष्ट किया। उसने विभिन्न धातुओं के एक समान मोटाई व चौड़ाई के आठ टुकड़े लिये जो लम्बाई में भिन्न थे। इन सब टुकड़ों को उसने पारे से भरे बर्तन में रखा तो सभी टुकड़ों का निचला तल एक सीधी रेखा में रहा। इस प्रयोग में कम घनत्व के टुकड़े अधिक ऊँचे तथा अधिक घनत्व के टुकड़े कम ऊँचे स्थित थे। इससे यह सिद्ध हो जाता है कि ऊँचाई तथा घनत्व में विलोमता का अनुपात होता है तथा समान क्षेत्रफल वाले भाग के नीचे का भार समान होता है। (Equal mass under equal surface area.) इस प्रकार बोवी ने यह स्पष्ट किया कि



चित्र 53—सन्तुलन की व्यवस्था का काल्पनिक रूप

उसने विभिन्न धातुओं के एक समान मोटाई व चौड़ाई के आठ टुकड़े लिये जो लम्बाई में भिन्न थे। इन सब टुकड़ों को उसने पारे से भरे बर्तन में रखा तो सभी टुकड़ों का निचला तल एक सीधी रेखा में रहा। इस प्रयोग में कम घनत्व के टुकड़े अधिक ऊँचे तथा अधिक घनत्व के टुकड़े कम ऊँचे स्थित थे। इससे यह सिद्ध हो जाता है कि ऊँचाई तथा घनत्व में विलोमता का अनुपात होता है तथा समान क्षेत्रफल वाले भाग के नीचे का भार समान होता है। (Equal mass under equal surface area.) इस प्रकार बोवी ने यह स्पष्ट किया कि

विभिन्न आयतन वाले भाग अपने विभिन्न घनत्व से सन्तुलित होकर इस प्रकार खड़े हैं कि 'समतोल तल' पर उन सबका भार बराबर है।

आकर्षण के गणितीय मूल्य को ठीक करने के लिए हेफोर्ड के उपरोक्त विचार का व्यावहारिक प्रयोग क्षतिपूर्ति तल की अनुमानित गहराई पर आधारित है। हेफोर्ड ने इस सम्बन्ध में यह सुझाव दिया कि यदि हम सन्तुलन के तल को 100 किलोमीटर से अधिक गहराई पर मान लें तो आकर्षण सम्बन्धी अन्तर 80 प्रतिशत कम हो जाता है। यह बात केवल संयुक्त राज्य अमरीका के लिए ही सही है। वस्तुतः प्रत्येक बड़े प्रदेश के लिए सन्तुलन के तल की भिन्न गहराई का अनुमान आवश्यक है। इसके अतिरिक्त यदि हम हेफोर्ड द्वारा सुझायी गयी क्षतिपूर्ति तल की गहराई को मान लें तो उस गहराई पर चट्टानों का द्रवणांक बिन्दु (melting point) आ जाता है। ऐसी अवस्था में वहाँ क्षतिपूर्ति तल कैसे सम्भव हो सकता है ?

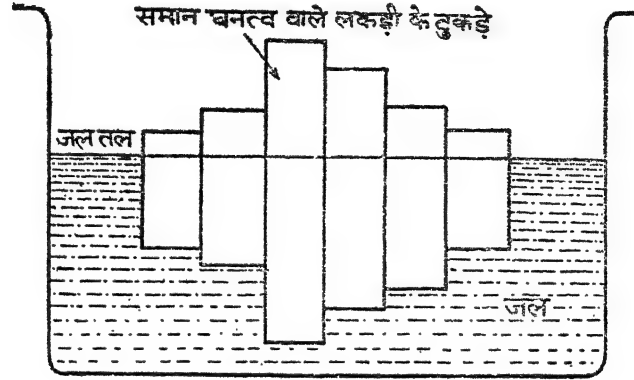
हेफोर्ड ने अपने विचारों को स्पष्ट करने के लिए जिन स्तम्भों की कल्पना की है, उनका पृथ्वी की वास्तविक संरचना से कोई सम्बन्ध नहीं है। वस्तुतः स्तम्भों की कल्पना गणित में सही हो सकती है किन्तु पृथ्वी की संरचना के लिए यह यथार्थ नहीं है। यह कहना सही होगा कि साहित्य और वाद-विवाद में इसके प्रयोग से पृथ्वी की हलचलों के सम्बन्धों में बड़ी गलत धारणाएँ पैदा हो गयी हैं।

अतः अब हम स्तम्भ अवधारणा (column concept) की दृष्टि से यह विचार करेंगे कि यदि स्तम्भों के सन्तुलन में कुछ व्यतिक्रम हो जाय तो उसका क्या प्रभाव होगा। यदि अपरदन (erosion) द्वारा किसी पर्वत-स्तम्भ का अपरदित पदार्थ परिवहित होकर समुद्र में निक्षेपित हो जाता है तो एक ओर जहाँ पर्वत-स्तम्भ का भार कम हो जायगा, दूसरी ओर समुद्र में भार बढ़ जायगा। फलस्वरूप पर्वत-स्तम्भ ऊपर उठेगा और समुद्र का पेंदा नीचे धँसेगा। पर्वत-स्तम्भ के ऊपर उठ जाने से जो स्थान रिक्त होगा, उसकी पूर्ति के लिए भू-पृष्ठ के नीचे का पदार्थ (Sima) अन्य स्थानों से उस ओर प्रवाहित होगा। भू-गर्भ में वस्तुतः इस प्रकार की क्रिया होती है जिसकी पुष्टि भू-गर्भशास्त्र करता है। किन्तु यह सोचना कि पृथ्वी का धरातल स्तम्भों से बना है और स्तम्भ स्वतन्त्र रूप से ऊपर-नीचे होते हैं, बिल्कुल सही नहीं है। यह विचार वास्तविक तथ्यों के एकदम विपरीत है। इस विचार को मान लेने से भू-गर्भशास्त्र में जहाँ इससे कुछ समस्याएँ सुलझेंगी वहाँ अन्य कई समस्याएँ खड़ी हो जायेंगी। इसके अतिरिक्त यह धारणा एक ओर जहाँ क्षैतिज-गतियों (horizontal movements) की उपेक्षा करती है तो दूसरी ओर उदग्र गतियों (vertical movements) का अतिरिजन करती है। इससे यह प्रमाणित होता है कि भू-गणितवेत्ता (geodesists) पृथ्वी की रचना से पूरी तरह परिचित नहीं हैं। इस विचार को फिर भी एकदम गलत मानकर अस्वीकार कर देना असंगत होगा। क्योंकि इसने बड़ा ही महत्वपूर्ण कार्य हल किया है। इससे प्रयोग में जो कुछ कठिनाइयाँ उत्पन्न हुई हैं, वे इसको अशुद्ध रूप से समझने और गलत प्रयोग के कारण हुई हैं।

भू-सन्तुलन के सम्बन्ध में एअरी का मत

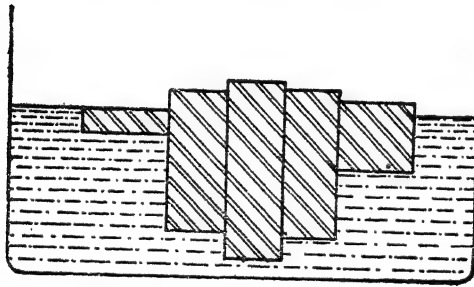
हम यह बात भली प्रकार जानते हैं कि भू-पृष्ठ पर विभिन्न प्रकार की चट्टानें बिछी हैं और वे सब अपने घनत्व में भिन्न हैं। ये सब चट्टानें अथवा भू-प्रदेश पृथ्वी पर स्तम्भों के रूप में विद्यमान नहीं हैं, बल्कि परतों (layers) और कर्पों (shells) के रूप में देखी जाती हैं। अतः इस तथ्य पर सन्तुलन की धारणा के साथ विचार करना आवश्यक है। सन् 1895 में एअरी (Airy) ने प्राट की खोजों पर अपने विचार प्रकट करते हुए यह बताया कि जिस प्रकार प्लावी हिम (iceberg) का नौ गुना भाग जल में डूबा रहता है और एक भाग जल के बाहर रहता है

उसी प्रकार पर्वतों के मूल घने व लचीले लावा में धँसे हुए हैं। इस अवस्था के बिना ऊँचे पर्वत कभी भी धरातल पर टिके हुए नहीं रह सकते। दूसरे शब्दों में, इसका अर्थ यह हुआ कि ऊँचे भू-भागों के नीचे बहुत अधिक गहराई तक हल्के पदार्थ ही होते हैं, जिससे कम घनत्व वाले पर्वत-



चित्र 54—एअरी की लकड़ी के टुकड़ों का प्रयोग

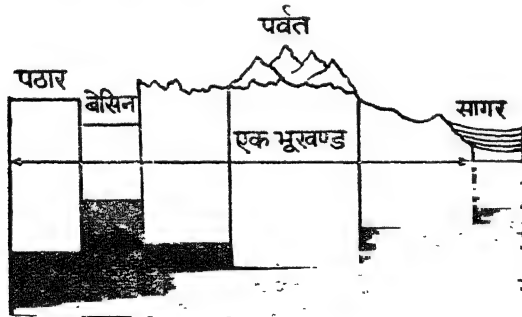
मूल अधिक घनत्व वाले लावा में प्रविष्ट होकर उसके आकर्षण को घटा देते हैं। इसी आधार पर एअरी ने यह बताया कि सीस-रेखा का हिमालय की ओर आकर्षण गणना से इसीलिए कम रहा



चित्र 55—एअरी का ताँबे के टुकड़ों

का सन्तुलन परीक्षण

भिन्न-भिन्न आकारों के टुकड़े लेकर उन्हें पारे में डुबोया। ये टुकड़े अपने आकार के अनुसार



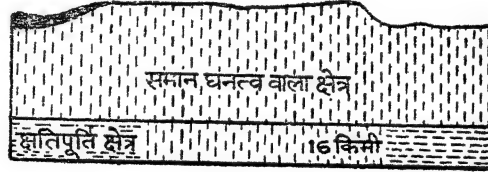
चित्र 56—एअरी का हिमालय सम्बन्धी सन्तुलन प्रयोग

सन्तुलन रखने के लिए भिन्न-भिन्न गहराई तक डूबते हुए उसी अनुपात में बाहर दिखाई देते रहे।

एअरी का यह मत हेफोर्ड तथा बोवी के मतों से बहुत कुछ मिलता-जुलता है। एअरी के विचार अधिक पुष्ट हैं क्योंकि हेफोर्ड तथा बोवी ने विभिन्न भू-भागों को लम्बवत भू-आकारों के रूप में माना है जो अवास्तविक हैं, जबकि एअरी ने विभिन्न भू-भागों को सीमा में तैरता हुआ माना है। एअरी की यह धारणा अनेक तथ्यों के अनुकूल पायी गयी है। यही नहीं, इससे भू-सन्तुलन का वास्तविक भौतिक अर्थ भी स्पष्ट हो जाता है। अतः आजकल अधिकांश लोगों ने एअरी की उपरोक्त व्याख्या को स्वीकार कर लिया है।¹ यद्यपि एअरी के मत को बहुत अधिक मान्यता प्राप्त हुई है फिर भी यह पूर्ण दोष-मुक्त नहीं है। एअरी के अनुसार भू-परत के ऊपर स्थित प्रत्येक भाग अपनी ऊँचाई के अनुपात में नीचे की ओर जड़ रखते हैं। एअरी के इस मत को यदि मान लिया जाय तो हिमालय की जड़ $30,000 \times 9 = 2,70,000$ फीट गहरी होगी। किन्तु हम जानते हैं कि भू-पटल के नीचे प्रति 32 मीटर गहराई पर 1° सेण्टीग्रेड तापमान बढ़ जाता है। इस हिसाब से हिमालय की इतनी लम्बी जड़ वहाँ अत्यधिक ताप के कारण ठोस अवस्था में नहीं रह सकती। अतः एअरी का यह मत भ्रामक लगता है।

भू-सन्तुलन के सम्बन्ध में जौली का मत

सन् 1925 में जौली (Joly) ने बताया कि एअरी, हेफोर्ड तथा बोवी की कल्पनाओं में कोई ऐसा विशेष अन्तर नहीं है जैसा कि पहले-पहल देखने पर मालूम होता है। उसका कहना कि हेफोर्ड तथा बोवी ने जहाँ पृथ्वी की संरचना को गणितीय दृष्टिकोण के अनुसार माना है, वहाँ उन्होंने समान क्षेत्रफल के नीचे समान पदार्थ के हट जाने के मौलिक सिद्धान्त को भी स्वीकार किया है। जौली ने ऐसे भू-पृष्ठ को जिसमें क्षति-सन्तुलन तल (compensation level) के ऊपर घनत्व और ऊँचाई विलोम



चित्र 57—जौली के अनुसार सन्तुलन की स्थिति

के अनुपात में हों, नितान्त ही असम्भव माना है। दूसरे शब्दों में, जौली ने हेफोर्ड तथा बोवी के उस 'क्षतिपूर्ति तल' का खण्डन किया है जिसके ऊपर तो घनत्व बदलता है किन्तु उसके नीचे घनत्व समान होता है। उसकी मान्यता है कि यदि ऐसा सम्भव भी हो तो भी भू-गर्भ की प्रक्रियाएँ उस साधारण अवस्था को शीघ्र ही नष्ट कर देंगी। साथ ही उसने हेफोर्ड द्वारा प्रस्तुत एक अन्य उप-कल्पना की ओर ध्यान दिलाया है जिसके अनुसार सबसे ऊपरी समान घनत्व वाले स्तर के नीचे लगभग 16 किमी मोटा एक ऐसा स्तर है जिसमें पदार्थों का घनत्व समान नहीं है, क्योंकि इस स्तर में ऊपर के कम घनत्व वाले पदार्थ के कुछ भाग घुसे हुए हैं। इस प्रकार इस असमान घनत्व वाली परत में विभिन्न घनत्व वाले भागों का निचला तल एक समान न होकर भिन्न-भिन्न होता है। वस्तुतः यह महाद्वीपीय कर्पर के असमान आधार का सरल प्रदर्शन-मात्र है जिसमें कोई एक निश्चित सन्तुलन का तल नहीं है, अपितु इसमें एक ऐसा कटिबन्ध है जिसमें एक-दूसरे के घनत्व को पूरा करने वाले पदार्थों का वितरण है।² इस प्रकार जौली ने क्षतिपूर्ति तल को एक रेखा के रूप में न मानकर समूची 16 किमी मोटी परत को ही 'क्षतिपूर्ति कटिबन्ध' (compensation zone) माना है।

¹ Joly : *The Surface History of the Earth*, p. 21

² "It is in fact merely a simplified presentation of irregular base, of continental shell and involves a single level of compensation, but rather a zone in which the compensating masses are distributed."

वस्तुतः जोली का मत तैरने के सिद्धान्त (Law of Floatation) पर आधारित है। जब कोई वस्तु पानी पर तैरती है तो वह अपने भार के बराबर पानी को हटा देती है। उदाहरणतः, जब प्लावी हिम (iceberg) जल में तैरता है तो उसका 1 भाग जल के बाहर और 8 भाग जल के भीतर डूबा रहता है। इसी आधार पर सन्तुलन की व्याख्या करते हुए उसने कहा है कि भू-पटल के समस्त रूप जो हल्के पदार्थों के बने हुए हैं, अधिक घनत्व वाले भारी पदार्थों पर तैर रहे हैं और इस क्रिया में उनका ऊपर दिखाई पड़ने वाले भाग का आठ गुना भाग भीतर डूबा रहता है। इस प्रकार अपनी स्थिरता के लिए वे सन्तुलित हैं।

जोली का मत जिन कल्पनाओं पर आधारित है उससे सभी विद्वान सहमत नहीं हैं। अतः जोली के विचारों को भली प्रकार समझने के लिए यह ध्यान रखना जरूरी है कि उसने प्लावी हिम का उदाहरण अपने मत को स्पष्ट करने के लिए दिया था, न कि किसी निश्चित तथ्य की पुष्टि के लिए। यदि हम यहाँ यह मान लें कि धरातल की ऊपरी शैलों का औसत घनत्व 2.67 है तथा सघन अधःस्तर की शैलों का घनत्व 3.00 है जिसे जोली बेसाल्टिक मानता है, और यदि यह तथ्य सही है तो यह सरलतापूर्वक प्रदर्शित किया जा सकता है कि अधःस्तर की ऊपरी सीमा के ऊपर भू-पटल के प्रत्येक बाहर उठे हुए भाग का 8 गुना भीतर डूबा हुआ है।¹ यद्यपि यह केवल एक साधारण अनुमान है, किन्तु फिर भी इसके द्वारा सन्तुलन के सिद्धान्त को भली प्रकार समझा जा सकता है। यदि इस सिद्धान्त का हिमालय के सम्बन्ध में प्रयोग करें तो विदित होगा कि बाहर दिखाई पड़ने वाला पर्वत-समूह जिस प्रभूत पदार्थ राशि से बना है, वह नीचे से आठ गुने पदार्थ से तुलित है। नीचे घनत्व की कमी के कारण ही हिमालय सीस-गुण्ड के ऊपर अपना पूरा गुरुत्वाकर्षण प्रभाव नहीं डालता है। यहाँ मुख्य बात यह है कि वे पूर्णरूप से तुलित हैं। (They are compensated as a whole.) अतः इस उदाहरण को इस प्रकार से लेना गलत होगा कि यदि माउण्ट एवरेस्ट का शिखर 30,000 फुट ऊँचा है तो उसके नीचे 2,40,000 फुट की गहराई तक हल्के पदार्थ होंगे। पर्वतीय क्षेत्रों के सम्बन्ध में सन्तुलन का विचार करते समय यह मान लिया गया है कि पर्वत एक बहुत बड़ा पठार है जिसकी ऊँचाई उस पर्वत-शृंखला की औसत ऊँचाई के समान है।² महाद्वीपों के लिए भी यही तर्क प्रयोग में लाया जाना चाहिए। जोली ने इनकी औसत ऊँचाई पर विचार कर यह निष्कर्ष निकाला है कि महाद्वीपीय हल्के पदार्थ औसत रूप से लगभग 31 किलोमीटर मोटे हैं।

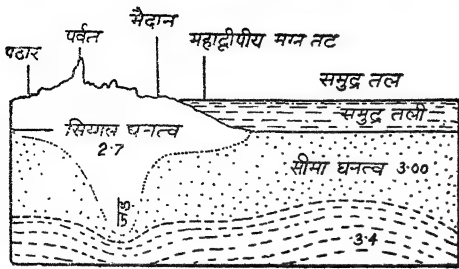
भू-पटल में अतुल शक्ति है। यह बिना स्थानीय सन्तुलन के भी एक पर्वत के भार को वहन कर सकता है। इस प्रकार यह सोचना बिल्कुल उचित है कि पर्वत-शृंखलाएँ, विस्तृत पठार तथा महाद्वीप सन्तुलन के द्वारा पूरी तरह तुलित हैं, किन्तु किसी एकांगी पर्वत-शिखर अथवा किसी छोटे क्षेत्र का स्थानीय रूप से कोई सन्तुलन सम्भव नहीं।

होम्स का मत—भू-सन्तुलन के सम्बन्ध में होम्स के विचार एअरी महोदय के समान ही हैं। होम्स की भी मान्यता है कि ऊँचे उठे हुए भू-भागों की रचना कम घनत्व वाले हल्के पदार्थों से होती है और अपना सन्तुलन बनाये रखने के लिए उनका अधिकांश भाग भू-पटल में काफी गहराई तक डूबा रहता है। होम्स ने अपनी यह धारणा भूकम्पीय लहरों के अध्ययन के आधार पर स्थिर की है। भूकम्पीय लहरों के अध्ययन से उसने यह निष्कर्ष निकाला है कि पृथ्वी के भीतर विभिन्न घनत्व की अलग-अलग कई परतें हैं। इस निष्कर्ष के आधार पर उसने बताया है कि पर्वतीय भागों के नीचे सियाल की परत 40 किलोमीटर या इससे अधिक गहराई तक रहती है।

1 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 72

2 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 73

मैदानों के नीचे सियाल की गहराई 10 से 12 किलोमीटर तक होती है और समुद्र की तली

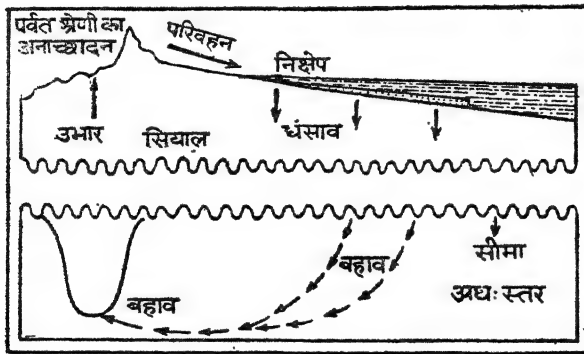


के नीचे या तो सियाल की परत होती ही नहीं और यदि कहीं होती है तो वह अत्यन्त पतली होती है। इस प्रकार होम्स ने यह स्पष्ट किया है कि भू-पटल पर ऊँचे उठे हुए भू-भाग इसीलिए स्थिर हैं कि उनके नीचे काफी गहराई तक कम घनत्व के हल्के पदार्थ पाये जाते हैं। होम्स ने स्वीकार किया है कि

प्रत्यक्ष में पृथ्वी पर सन्तुलन की पूर्ण स्थिति नहीं पायी जाती, किन्तु पूर्ण सन्तुलन स्थिति की ओर सन्तुलन की दिशा दृष्टिगोचर होती है।

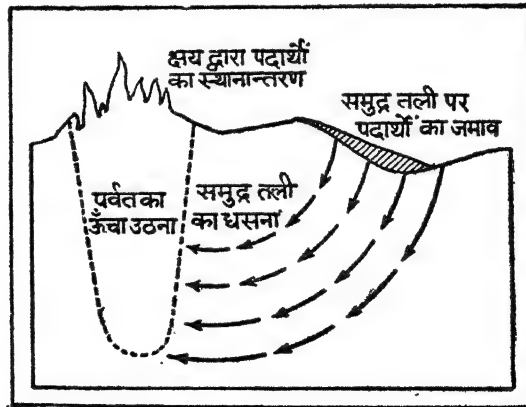
भू-सन्तुलन और भू-गर्भिक हलचल

कई लोग समस्त भू-गर्भिक हलचलों का कारण भू-सन्तुलन को समझ लेने की भूल करते हैं।



चित्र 59—होम्स के अनुसार सन्तुलन की लगातार स्थिति

किन्तु यह स्पष्ट विदित होना चाहिए कि भू-सन्तुलन कोई शक्ति नहीं है। यह कोई भू-गर्भिक साधन भी नहीं है। वस्तुतः भू-सन्तुलन तुला की एक दशा है,¹ जो कदाचित् ही साम्यावस्था में रहती है। धरातल के ऊपर होने वाले अपरदन और निक्षेपण के कारण सन्तुलन की दशा स्थिर नहीं रहने पाती। धरातल के जिस भाग में अनाच्छादन की क्रिया तीव्र होती है वहाँ भूमि कटक-कटकर नीची होती जाती है और दबाव घटता जाता है, परन्तु जिस भाग में निक्षेपण होता है वहाँ दबाव बढ़ जाता है। फलस्वरूप दो भिन्न भू-भागों के बीच सन्तुलन की दशा



चित्र 60—सन्तुलन स्थापित होने का ढंग

¹ A. Holms : Principles of Physical Geology, p. 34

बिगड़ जाती है। ऐसी अवस्था में अपरदित भू-भाग ऊपर उठता है और निक्षेप वाला भू-भाग नीचे धँसता है और पुनः दोनों भागों के बीच साम्यावस्था कायम हो जाती है। साम्यावस्था के लिए भू-गर्भ में लावा अथवा मैग्मा भार-परिवर्तन के अनुसार इधर-उधर हटता है। अतः धरातल के ऊपर जिस क्रिया द्वारा भू-सन्तुलन स्थापित होता है, उसे भू-सन्तुलन पुनः समंजन (Isostatic re-adjustment) कहा जाता है।

कभी-कभी भू-पटल पर ऐसी क्रियाएँ होती हैं जो किसी भाग के सन्तुलन की दशा को शीघ्रता से बिगाड़ देती हैं, जिससे वहाँ पुनः सन्तुलन कायम होने में बड़ा समय लग जाता है। ऐसे क्षेत्रों में भू-सन्तुलन साम्य कठिनाई से हो पाता है। उदाहरण के लिए, लगभग 25 हजार वर्ष पूर्व अधि-नूतन हिम युग के समाप्त होने पर यूरोप और उत्तरी अमरीका के हिम-मण्डित क्षेत्रों से हिम की मोटी परतें पिघलने लगीं जिससे यह क्षेत्र हिम-भार से मुक्त हो गये। फलस्वरूप ये क्षेत्र उसी समय से अब तक बराबर ऊपर उठ रहे हैं। हिमालय पर्वतीय-क्षेत्र और पामीर क्षेत्र भी ऊपर उठ रहे हैं। अतः स्पष्ट है कि ये क्षेत्र अभी भी भू-सन्तुलन-साम्य के बाहर हैं। इनको साम्यावस्था प्राप्त करने में लम्बा समय आवश्यक होगा। इस प्रकार अपरदन और निक्षेपण के फलस्वरूप जब भू-सन्तुलन बिगड़ जाता है तो भू-गर्भिक हलचलें एवं आग्नेय क्रियाएँ क्रियाशील हो उठती हैं और वे ऐसी गुरुत्वाकर्षण शक्ति को जन्म देती हैं जो बिगड़े हुए सन्तुलन को पुनः ठीक करती हैं। सन्तुलन के पुनः स्थापन से भू-पटल में उदग्र गतियाँ (vertical movements) होती हैं जो पृथ्वी की उन हलचलों में योग देती हैं जो भू-गर्भिक क्रियाओं द्वारा स्वयं जन्म लेती हैं।¹

संसार में भू-सन्तुलन की अवस्थाएँ

पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण और भू-सन्तुलन में घनिष्ठ सम्बन्ध है। गुरुत्वाकर्षण के कारण पैण्डुलम झूलता है। इसलिए पैण्डुलम की सहायता से भू-सन्तुलन की अवस्था को सरलता से ज्ञात किया जा सकता है। डा० मेनेज (Dr. Meinesz) ने सन् 1932 में पैण्डुलम की सहायता से संसार के विभिन्न भागों में भू-सन्तुलन की अवस्था को ज्ञात करने की चेष्टा की थी।² उसने संयुक्त राज्य अमरीका, कनाडा, भारत, अफ्रीका, यूरोप तथा विभिन्न महासागरीय द्वीपों में भू-सन्तुलन का निरीक्षण किया। इन निरीक्षणों से ज्ञात हुआ कि महाद्वीपों और महासागरों के बीच पूर्ण सन्तुलन है। साथ ही बड़े प्रदेशों के मध्य भी सन्तुलन की अवस्था पायी गयी। हिन्द महासागर के विषुवत-रेखीय प्रदेश में भू-सन्तुलन की अवस्था का निरीक्षण करने पर ज्ञात हुआ कि हिन्द महासागर पूर्ण सन्तुलन अवस्था में है। पनामा और जावा के निकट भी समुद्रों को पूर्ण सन्तुलन की दशा में पाया गया।³ समस्त संसार में भू-सन्तुलन की असंगतियाँ (anomalies) केवल उन द्वीपों तथा तटवर्ती भागों में पायी गयीं जहाँ ज्वालामुखी एवं भूचाल का प्रकोप होता है।

भारत में भू-सन्तुलन की अवस्थाएँ

भारत एक विशाल देश है। इसकी रचना में हमें कई विभेद देखने को मिलते हैं। इसी से इनमें कई विशेषताएँ पायी जाती हैं। संसार के किसी भी भाग में आकर्षण के गणितीय मूल्य में इतना अन्तर नहीं पाया जाता जितना कि भारत के उत्तरी भाग में। कर्नल बुरार्ड ने कहा है कि द्रव पदार्थ का तल क्षैतिज दिशा से इतना अधिक कहीं भी विचलित नहीं होता जितना कि भारत में होता है। फिर भारत की नाप-खोज से ही सन्तुलन की अवधारणा का सूत्रपात हुआ। सर्वप्रथम भारत में ही यह ज्ञात हुआ कि :

¹ A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 34

² J. Joly : *Surface History of the Earth*, p. 26

³ C. A. V. Meinesz : *Gravity Expeditions at Sea*, p. 30

- (1) हिमालय पर्वत के नीचे कम घनत्व के पदार्थ हैं।
- (2) बड़े मैदान (सिन्धु-गंगा का मैदान) के नीचे अधिक घनत्व के पदार्थ हैं।
- (3) पूर्वी और पश्चिमी घाटों में सीस-रेखा का झुकाव दक्षिण के पठार की अपेक्षा समुद्र की ओर ही होता है।

भारत में इन्हीं अनुसन्धानों के कारण भू-सन्तुलन के सिद्धान्त का विकास हुआ। उपरोक्त अनुसन्धानों से यह विदित होता है कि भू-सन्तुलन की अवस्थाएँ हिमालय की अपेक्षाकृत दक्षिण के पठार में अधिक सम्पन्न हैं। इसी कारण दक्षिणी पठार पर भूकम्प आदि का कदाचित ही प्रभाव होता है।

भू-सन्तुलन के विचार से भारत के हिमालय प्रदेश में असाधारण अवस्था पायी जाती है। यहाँ विभिन्न स्थानों में सीस-रेखा के वास्तविक आकर्षण और आकर्षण के गणितीय मूल्यों में बड़ा भारी विभेद मिलता है। यह बात नीचे की तालिका से स्पष्ट है :

स्थान	उत्तर की ओर आकर्षण	
	आकर्षण का गणितीय मूल्य	वास्तविक आकर्षण
1. देहरादून	86 सेकण्ड	31 सेकण्ड
2. मरी	45 „	12 „
3. कलियाना	58 „	1 „

उपरोक्त सारणी से यह स्पष्ट है कि हिमालय के कारण बहुत अधिक क्षतिपूर्ति हो जाती है। क्षतिपूर्ति मध्य हिमालय में अधिक तथा बाह्य हिमालय में कम होती है।

हिमालय प्रदेश के विपरीत सिन्धु-गंगा के मैदान में आकर्षण का झुकाव दक्षिण की ओर देखा जाता है। लगभग 23° उत्तरी अक्षांश तक यह दक्षिण की ओर बढ़ता जाता है। इसके पश्चात विक्षेप उत्तर की ओर होने लगता है। कर्नल बुरार्ड ने इसका कारण स्पष्ट करते हुए बताया कि इस मैदान के नीचे घने पदार्थों की एक शृंखला है जो उड़ीसा से जबलपुर होती हुई कलाट तक चली गयी है। इसी कारण यहाँ आकर्षण में यह विभेद देखा जाता है। भारत के प्रसिद्ध भू-गर्भशास्त्री डा० राजनाथ ने भी इस मत की पुष्टि की है।

दक्षिण के पठार की रचना अपेक्षाकृत भारी पदार्थों से हुई है, किन्तु आकर्षण सम्बन्धी निरीक्षण से पता चला है कि इसके नीचे कम घनत्व के पदार्थ हैं। इसी तरह पश्चिमी तट पर सीस-रेखा का झुकाव पश्चिमी घाट के पहाड़ों की ओर न होकर समुद्र की ओर होता है।

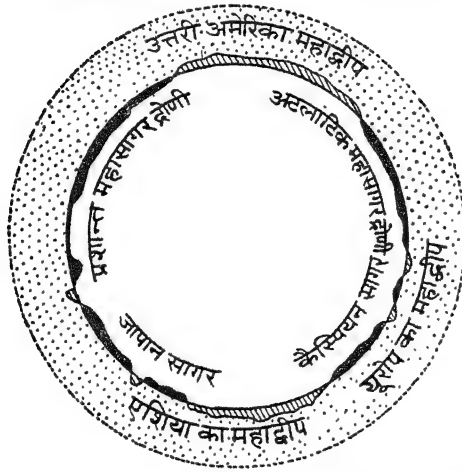
निष्कर्ष—सन्तुलन के सिद्धान्त में यद्यपि कई दोष पाये गये हैं, परन्तु फिर भी यह अनेक ऐसे तथ्यों का स्पष्टीकरण कर देता है जो अन्य किसी भी भाँति समझ में नहीं आ सकते। इसी विशेषता के कारण ज़ोली और बैरल आदि विद्वानों ने इस सिद्धान्त की मुक्तकण्ठ से प्रशंसा की है। ज़ोली ने तो यहाँ तक कहा है कि सम्भवतः लोग इस सिद्धान्त से कुछ मतभेद रखते हों, किन्तु कोई भी इसे पूर्णरूप से अस्वीकार नहीं कर सकता, क्योंकि यह एक तथ्य है।¹ वस्तुतः भू-सन्तुलन एक सत्य है और आज संसार में सभी इसे स्वीकार करते हैं।

¹ J. Joly : *The Surface History of the Earth*, p. 33

6

महाद्वीप एवं महासागर (CONTINENTS AND OCEANS)

भू-पटल के मुख्य दो रूप हैं—जल और स्थल। भू-पटल का लगभग तीन-चौथाई भाग जल



■ स्थल-मण्डल ■ जल-मण्डल ■ वायु-मण्डल

चित्र 61—भू-पटल के प्रमुख रूप

महाद्वीप तथा महासागरों की उत्पत्ति

भू-पटल में इन प्रारम्भिक स्थल रूपों की उत्पत्ति कैसे हुई? इस सम्बन्ध में कोई निश्चित ज्ञान प्राप्त नहीं है। पृथ्वी की उत्पत्ति के समान यह प्रश्न भी अत्यन्त गूढ़ है। सूर्य से अलग होकर जिस अवस्था में पृथ्वी बनी उसका इन प्रारम्भिक स्थल रूपों—महाद्वीप और महासागर—की रचना पर अवश्य ही प्रभाव पड़ा होगा। प्रारम्भ में इसी आधार पर महासागरीय द्रोणियों एवं महाद्वीपीय भू-खण्डों की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए विद्वानों ने अनेक सिद्धान्त प्रस्तुत किये हैं, बाद में पृथ्वी की संरचना के सम्बन्ध में ज्यों-ज्यों अधिक ज्ञान प्राप्त होता गया, विद्वानों ने पृथ्वी के अधःस्तर की अवस्था के आधार पर कई नवीन सिद्धान्तों का प्रतिपादन किया। इन सब सिद्धान्तों की विस्तृत विवेचना नीचे दी जा रही है :

कैल्विन का मत—लॉर्ड कैल्विन (Lord Kelvin) के अनुसार जब पृथ्वी वायव्य अवस्था में थी, उस समय आद्य पदार्थ (primordial matter) कहीं अधिक मात्रा में सङ्गृहीत हुए और

और एक-चौथाई भाग स्थल है। जल और स्थल का यह विन्यास भू-पृष्ठ पर भिन्न-भिन्न महाद्वीपों और महासागरों के रूप में देखा जाता है। ये महाद्वीप और महासागर भू-पटल के प्रारम्भिक स्वरूप (land forms) हैं। इनकी सबसे बड़ी विशेषता वह विपर्यास (contrast) है जो इनके विशाल गड्ढों और गगनचुम्बी ऊँचाइयों के बीच विद्यमान है। भू-पृष्ठ के इन विशाल गड्ढों को महासागरीय द्रोणियाँ (Ocean Basins) और विस्तृत ऊँचाइयों को महाद्वीपीय भू-खण्ड (Continental platforms) कहते हैं।

कहीं कम। वायव्य अवस्था की समाप्ति पर जहाँ इनका जमाव अधिक था, वहाँ महाद्वीप बन गये। किन्तु जहाँ आद्य पदार्थों की न्यूनता रही वहाँ महासागर बने।

कैलविन का यह मत कल्पना पर आधारित है, उतने इसको स्पष्ट करने के लिए कोई ठोस प्रमाण प्रस्तुत नहीं किया।

सोलास का मत—सोलास (Sollas) की धारणा है कि भू-पटल के प्रमुख वर्द्धन (bulges) और गर्त (depressions) वायुमण्डल के दबाव के प्रारम्भिक (original) वितरण के द्योतक हैं। प्रारम्भिक अवस्था में पृथ्वी के जिस भाग में वायुदाब अधिक था वह नीचे दब गया और गर्त बन गया। इन्हीं गर्तों में वायु के द्रवीभूत होने पर जल एकत्र हो गया और महासागर बन गये। पृथ्वी के जिन भागों में वायुदाब कम था वहाँ भू-पटल ठोस होने पर महाद्वीप बन गये। किन्तु सोलास की इस कल्पना का कोई ठोस आधार नहीं है।

चेम्बरलेन और मोल्टन का मत—चेम्बरलेन व मोल्टन के अनुसार पृथ्वी का प्रारम्भिक उच्चावचन (earth's initial relief)—महाद्वीप और महासागर—ग्रहाणुओं (Planetesimals) के असमान रूप से गिरने के कारण बना है। पृथ्वी के धरातल पर जहाँ ग्रहाणु अधिक मात्रा में गिरे वहाँ महाद्वीप बन गये और जहाँ ग्रहाणुओं की मात्रा कम रही वहाँ महासागर बन गये।

उपरोक्त सभी परिकल्पनाएँ कम से कम इस बात को स्पष्ट करती हैं कि जल और स्थल के वितरण में कुछ क्रम अवश्य है।

लोथियन ग्रीन का चतुष्फलक सिद्धान्त (Tetrahedral Theory of Lothian Green)

लोथियन ग्रीन ने सन् 1875 में महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में चतुष्फलक सिद्धान्त प्रस्तुत किया। उसको अपने इस मत के प्रतिपादन में ज्यामितीय आकृति (Geometrical Figure) से विशेष प्रेरणा मिली। अतः बहुत-से विद्वान इस सिद्धान्त को ज्यामिति सिद्धान्त के नाम से भी पुकारते हैं। ग्रीन का चतुष्फलक सिद्धान्त ज्यामिति के निम्न दो तथ्यों पर आधारित है :

—(1) एक गोलाकार पिण्ड अपने धरातलीय क्षेत्र के अनुपात में सर्वाधिक आयतन रखता है।

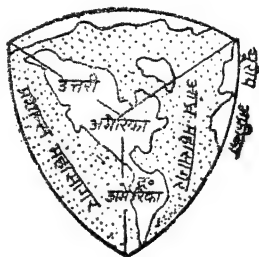
—(2) एक चतुष्फलक अपने धरातलीय क्षेत्र के अनुपात में न्यूनतम आयतन धारण करता है।

उपरोक्त दोनों सिद्धान्तों के सन्दर्भ में काफी विचार और परीक्षण करने के उपरान्त ग्रीन ने यह धारणा बनायी कि यदि किसी गोलाकार पिण्ड को चारों ओर से समान दाब के द्वारा दबाया जाय तो उसकी आकृति चतुष्फलक हो जायगी। ग्रीन की यह धारणा प्रसिद्ध वैज्ञानिक फेयर बर्न (Fair Burn) की इस खोज पर आधारित है कि यदि एक पाइप को चारों ओर से समान दाब के द्वारा दबाया जाय तो उसकी आकृति त्रिभुजाकार हो जायगी। फेयर बर्न ने ग्रीन की चतुष्फलक धारणा की पुष्टि की। अतः ग्रीन ने इस तर्क को महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति की व्याख्या करने के लिए पृथ्वी के सम्बन्ध में प्रतिपादित किया।

ग्रीन यह मानकर चला है कि पृथ्वी अपने जन्म से शनैः-शनैः शीतल होती जा रही है। पृथ्वी के शीतल होने पर उसका आन्तरिक भाग बाह्य पटल की अपेक्षा अधिक सिकुड़ गया। पृथ्वी के इस प्रकार सिकुड़ने से उसका आयतन कम हो गया। पृथ्वी के शीतल होने पर उसके चारों ओर समान दबाव रहा जिससे गोलाकार पृथ्वी पिण्ड ने चतुष्फलक रूप धारण कर लिया। किन्तु

पृथ्वी की संरचना के विभेद तथा अन्य कई कारणों से यह माना गया कि पृथ्वी के सिकुड़ने से उसका पूर्ण चतुष्फलक रूप सम्भव नहीं है।¹

चतुष्फलक वह ठोस आकृति है जो चार समन्वित बाहु त्रिभुजों के मिलाने से बनती है। यदि एक समन्वित बाहु त्रिभुज को आधार मानकर उसकी तीनों भुजाओं पर एक-एक समन्वित बाहु त्रिभुज खड़ा करें और फिर इन तीनों के शीर्षों को एक साथ मिला दें तो उससे चतुष्फलक की आकृति बन जायगी। यदि इस चतुष्फलक को उलटकर उसे शीर्ष पर खड़ा कर दिया जाये तो उससे जो आकृति बनेगी वह बहुत कुछ पृथ्वी की आकृति से मिलती-जुलती होगी। फेयर बर्न ने इसकी पुष्टि करते हुए बताया है कि चतुष्फलक के कोने जो गोलाकार पृथ्वी के बाह्य पटल के ठण्डे होने से



चित्र 62—गोले पर रखा एक चतुष्फलक

चित्र 63—चतुष्फलक पृथ्वी

ऊँचे उठेंगे वे भूमि का त्रिभुजाकार रूप बनायेंगे और इस चतुष्फलक के मुख जो पानी में डूबे रहेंगे, क्रमशः महासागरीय तल के रूप में होंगे। उसने चतुष्फलक के एक कोने पर दक्षिणी ध्रुव और अन्य कोनों को उत्तरी गोलार्द्ध में केन्द्रित किया। दक्षिणी ध्रुव का कोना अष्टार्कटिका महाद्वीप और उसके सामने का भाग आर्कटिक महासागर है। अन्य तीनों कोनों पर भूमि के जो त्रिभुजाकार भाग हैं वे क्रमशः उत्तरी व दक्षिणी अमरीका, यूरोप व अफ्रीका तथा एशिया व आस्ट्रेलिया के रूप में स्थित हैं। इन तीनों महाद्वीपीय समूहों के मध्य अन्ध, प्रशान्त एवं हिन्द महासागर स्थित हैं।

विवेचना

ग्रीन का चतुष्फलक सिद्धान्त संसार में बड़ा ही सम्मानित सिद्धान्त रहा है। यह महाद्वीप और महासागरों के रूप और उनके वितरण की अनेक समानताओं को दर्शाता है।

आपत्तियाँ

कई एक आपत्तियों के कारण आजकल इसकी मान्यता घट गयी है :

(1) कई वैज्ञानिकों की मान्यता है कि पृथ्वी की परिभ्रमण गति इतनी अधिक है कि वह कदापि चतुष्फलक रूप धारण नहीं कर सकती और मुख्यतः ऐसी अवस्था में जबकि पृथ्वी की संरचना बड़ी ही जटिल है।

(2) एक शीर्ष बिन्दु पर भ्रमण करती हुई पृथ्वी का चतुष्फलक रूप में सन्तुलित रहना भी सम्भव नहीं है।

(3) जे० ए० स्टीयर्स के अनुसार इस सिद्धान्त का अपने आप में इतना महत्त्व नहीं है जितना कि यह विद्वानों में वाद-विवाद और विचार को उत्प्रेरित करती है। "Its value lies not so much in itself as in the discussion which it provokes."²

1 "On account of the variation in the earth's structure and for other reasons, it was assumed that no approach to a regular tetrahedron was possible."

—J. A. Steers

2 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 4

चतुष्फलक सिद्धान्त में ग्रेगरी द्वारा संशोधन

आधुनिक समय में ग्रेगरी चतुष्फलक सिद्धान्त का सबसे बड़ा समर्थक रहा है। ग्रीन द्वारा प्रतिपादित चतुष्फलक सिद्धान्त में जे० डब्ल्यू० ग्रेगरी (J. W. Gregory) ने सन् 1930 में अनेक संशोधन कर उसे नवीन आवरण देने का प्रयास किया। ग्रेगरी ने अपने मत को प्रतिपादित करने के लिए अनेक भौगोलिक तथ्य उपस्थित किये :

(1) यदि पृथ्वी को जल और स्थल गोलाद्धों में विभक्त किया जाय तो जल गोलाद्ध का केन्द्र न्यूजीलैण्ड के निकट और स्थल गोलाद्ध का केन्द्र ब्रिटेन के समीप होगा। सम्पूर्ण पृथ्वी का 81 प्रतिशत स्थल भाग 'स्थल गोलाद्ध' में स्थित पाया जाता है जिसमें उत्तरी अमरीका, यूरोप, एशिया, अफ्रीका और आधे से अधिक दक्षिणी अमरीका सम्मिलित हैं। इसके विपरीत जल गोलाद्ध में सम्पूर्ण पृथ्वी का 90.5 प्रतिशत जल भाग स्थित है। जल और स्थल का यह वितरण गुह्रत्वाकर्षण के वितरण द्वारा भी सत्य प्रतीत होता है।

(2) स्थल और जल प्रायः दोनों का ही विस्तार त्रिभुजाकार है। स्थल त्रिभुजों के आधार उत्तर की ओर हैं और वे दक्षिण की ओर पतले और नुकीले हो गये हैं। उत्तरी तथा दक्षिणी अमरीका, अफ्रीका, एशिया व यूरोप इसके प्रमाण हैं। इसके विपरीत प्रशान्त महासागर, दक्षिणी अन्ध महासागर, हिन्द महासागर आदि जल-खण्डों का आधार दक्षिण की ओर है तथा शीर्ष उत्तर की ओर है।

(3) संसार के स्थल प्रदेश उत्तरी गोलाद्ध में आर्कटिक महासागर के चारों ओर पूर्ण मुद्रा बनाते हुए हैं जिनके दक्षिणी भाग अमरीका, यूरोप, अफ्रीका, एशिया तथा आस्ट्रेलिया के रूप में दक्षिण की ओर लटके हुए हैं।

(4) स्थल गोलाद्ध के तीनों प्राचीन भू-खण्ड बाल्टिक शील्ड, लॉरेंशियन शील्ड एवं अंगारा शील्ड 120° देशान्तर के अन्तर पर स्थित हैं।

(5) पृथ्वी के गोलों पर जो स्थान एक-दूसरे के विपरीत स्थित होते हैं, वे प्रति-ध्रुवस्थ (Antipodal) कहलाते हैं। पृथ्वी पर जल और स्थल की स्थिति लगभग प्रति-ध्रुवस्थ है। आस्ट्रेलिया उत्तरी अन्ध महासागर का, अफ्रीका व यूरोप मध्य प्रशान्त महासागर का, उत्तरी अमरीका हिन्द महासागर का, एशिया अन्ध महासागर का, अण्टार्क्टिका आर्कटिक महासागर का प्रति-ध्रुवस्थ है। इस प्रकार सम्पूर्ण पृथ्वी का 95 प्रतिशत स्थल भाग जल के प्रति-ध्रुवस्थ है। समुद्रों का 44.6 प्रतिशत भाग समुद्रों के ही प्रति-ध्रुवस्थ है लेकिन स्थल का केवल 1.4 प्रतिशत भाग ही स्थल के प्रति-ध्रुवस्थ है।¹

ग्रेगरी ने संसार के पुरा-भौगोलिक (Palaeogeographical) मानचित्र बनाकर यह प्रमाणित किया है कि कैम्ब्रियन कल्प में महाद्वीप और महासागरों का वितरण वर्तमान वितरण से बहुत कुछ मिलता-जुलता ही था। उस समय उत्तर में एक विशाल त्रिभुजाकार महाद्वीप था जिसका शीर्ष कोण दक्षिणी गोलाद्ध में था। महासागरीय निक्षेपों के निरीक्षण से विदित होता है कि उस समय आर्कटिक महासागर वर्तमान आर्कटिक के कुछ पूर्व में स्थित था। चतुष्फलक सिद्धान्त के अनुसार महाद्वीपों का फैलाव देशान्तरों एवं महासागरों का फैलाव अक्षान्तरों के समान्तर होना चाहिए। ग्रीन ने इस बात की पुष्टि की है और बताया है कि कालान्तर में महाद्वीपों और महासागरों के आकार में परिवर्तन हुए हैं। इन परिवर्तनों में महासागरों का विस्तार पूर्व-पश्चिम और महाद्वीपों का उत्तर-दक्षिण दिशा में हुआ। किन्तु ग्रेगरी ने इसमें संशोधन प्रस्तुत कर यह बताया है कि चतुष्फलक के लम्बवत किनारे लगभग स्थिर रहे, परन्तु उसकी चपटी सतह को घेरने

¹ A. Holms : Principles of Physical Geology, p. 18

वाले उत्तल किनारे परिवर्तनशील रहे। ये किनारे कभी उत्तर और कभी दक्षिण को खिसकते रहे जिसमें महाद्वीपों और महासागरों के आकार और उनके क्रम में परिवर्तन होता रहा। ग्रेगरी के इस मत का समर्थन पुरा-भूगोलविद् फ्रैंक महोदय ने भी किया। इन संशोधनों ने चतुष्फलक सिद्धान्त को बहुत ही आकर्षक और मान्य बना दिया।

आलोचना

ग्रीन तथा ग्रेगरी के चतुष्फलक सिद्धान्त को फ्रांसीसी, अंग्रेज एवं जर्मन वैज्ञानिकों द्वारा विशेष मान्यता प्राप्त हुई। किन्तु यह मान्यता समाप्त हो गयी है। यद्यपि इस सिद्धान्त के पक्ष में अनेक प्रमाण दिये गये हैं परन्तु दुर्भाग्य से गणित का एक ही तथ्य इस सिद्धान्त को गलत कर देता है :

(1) गणितज्ञों का कहना है कि चतुष्फलक का विरूपण (Tetrapedral deformation) समोत्तल की आकृति (Figure of equilibrium) के अनुरूप नहीं है।

(2) कुछ विद्वानों की धारणा है कि धूमती हुई पृथ्वी कदापि चतुष्फलक आकृति धारण नहीं कर सकती। यदि किसी प्रकार चतुष्फलक आकृति बन भी जाये तो वह अधिक समय तक स्थिर नहीं रह सकती।

(3) चतुष्फलक भू-सन्तुलन की स्थिति को नहीं दर्शाता।

लैपवर्थ एवं लव का सिद्धान्त (Theory of Lapeworth and Love)

भू-पटल पर संकुचन द्वारा बने भू-अपनतियों (Geo-anticlines) और भू-अभिनतियों (Geo-syncline) की प्रधानता देखी जाती है। इन्हीं को देखकर लैपवर्थ ने यह निष्कर्ष निकाला कि महाद्वीप और महासागर भू-अपनतियों और भू-अभिनतियों के ही विस्तृत रूप हैं। उसने अपने मत का प्रतिपादन करते हुए यह बताया कि महाद्वीप और महासागर एक बड़े पैमाने पर बलन सिद्धान्त (folding principle) को प्रकट करते हैं। उसके अनुसार महाद्वीप शीर्ष (crest) और महासागर द्रोणी (trough) के द्योतक हैं। लैपवर्थ ने अपने मत की पुष्टि के लिए उत्तरी अमरीका के धरातल का विशेष अध्ययन कर यह बताया कि इस महाद्वीप का निर्माण पूर्वी और पश्चिमी किनारे पर खड़ी दो भू-अपनतियों और मध्य में विशाल अभिनति के द्वारा हुआ है। मध्य-वर्ती अभिनति मैदान की द्योतक है। इसके विपरीत अन्ध महासागर के मध्य में एक विशाल भू-अपनति है और दोनों ओर किनारों पर विस्तीर्ण अभिनतियाँ हैं। इस बलन सिद्धान्त के अनुसार ही धरातल पर महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति हुई है।

लैपवर्थ की यह मान्यता है कि पृथ्वी के आन्तरिक भाग के ताप में कमी होने से भू-पटल में सिकुड़न होती है जिससे उसके ऊपर विशाल मोड़ों की उत्पत्ति होती है। किन्तु वैज्ञानिकों ने इस सम्बन्ध में अनेक आपत्तियाँ प्रस्तुत की हैं :

(1) कुछ वैज्ञानिकों का यह कहना है कि लैपवर्थ ने जिस प्रकार की कल्पना की है उसके पक्ष में ऐसे कोई प्रमाण नहीं हैं जिससे यह सिद्ध हो जाता हो कि महाद्वीप और महासागर वस्तुतः बलन (fold) के ही रूप हैं। फिर यदि इनको बलन का रूप मान भी लिया जाये तो उनके बनने की क्रिया स्पष्ट नहीं की जा सकती।

(2) जिस शक्ति के द्वारा उसने मोड़ पड़ने की कल्पना की है उससे भू-पटल पर इतने विशाल मोड़ों की रचना असम्भव है।

(3) लैपवर्थ का यह सिद्धान्त आधुनिक भौगोलिक ज्ञान के सर्वथा विपरीत है।

सन् 1907 में लव (A. E. H. Love) ने लैपवर्थ के सिद्धान्त में संशोधन कर उसे पुनः जीवन प्रदान किया। लव ने गणित के विश्लेषण द्वारा यह स्पष्ट किया है कि यदि पृथ्वी पिण्ड

का गुरुत्वाकर्षण केन्द्र (centre of gravity) और उसका आकृति केन्द्र (centre of form) जब एक ही बिन्दु पर नहीं होता तो उसमें विरूपण (deformation) होता है, जिससे उसका कुछ भाग ऊपर उठ जाता है और कुछ भाग नीचे धँस जाता है। यह ज्ञात किया गया है कि पृथ्वी के विभिन्न भागों का गुरुत्वाकर्षण केन्द्र पृथ्वी के भौगोलिक केन्द्र से सामंजस्य नहीं रखता, जिससे भू-पटल के रूप में विरूपण देखा जाता है। महाद्वीप और महासागर भू-पटल के इस विरूपण का ही फल है। लव के इन संशोधनों के उपरान्त भी यह सिद्धान्त दोषमुक्त नहीं हो सका।

(1) इस सिद्धान्त के द्वारा महासागरों के नितल की बनावट में अन्तर की व्याख्या नहीं की जा सकती।

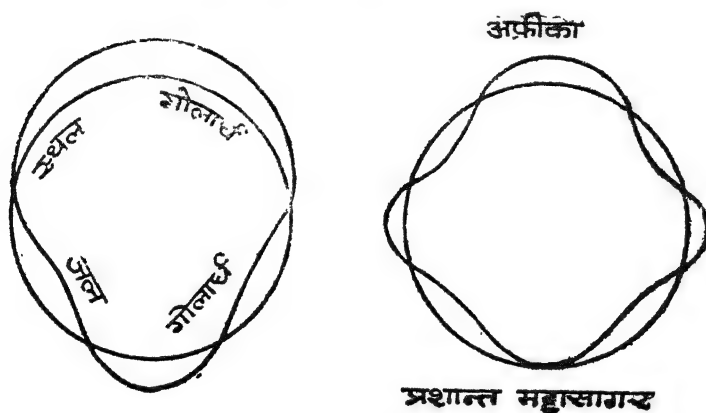
(2) प्रशान्त महासागर और अन्ध महासागरों के तटों की रचना में जो अन्तर है वह भी इस सिद्धान्त के द्वारा स्पष्ट नहीं किया जा सकता।

(3) आधुनिक ज्ञान के द्वारा लव की गणितीय परिकल्पना गलत सिद्ध हो चुकी है।

(4) यह सिद्धान्त वर्तमान भू-भौतिक धारणाओं के अनुरूप भी नहीं है।

जीन्स तथा सोलास के सिद्धान्त (The Theory of Jeans and Sollas)

आदि-अवस्था में पृथ्वी उष्ण और वायव्य अवस्था में थी। धीरे-धीरे शीतल होने से वह ठोस अवस्था को प्राप्त हुई। यदि पृथ्वी इसी प्रकार ठोस अवस्था में पहुँची है तो उसके भीतरी



चित्र 64—पृथ्वी का विरूपण

भाग में निश्चित मोटाई के परत (strata) मिलने चाहिए। साथ ही उसका सम्पूर्ण पटल एक जैसी मोटाई के सियाल द्वारा बना हुआ होना चाहिए और उसके ऊपर समुद्र की गहराई भी समान होनी चाहिए।¹ किन्तु इसके विपरीत धरातल पर सियाल की परत सर्वत्र एकसी नहीं पायी जाती। प्रशान्त महासागर में तो सियाल चट्टानें कहीं मिलती ही नहीं हैं। प्रशान्त महासागर का नितल पूर्णतः बेसाल्ट द्वारा निर्मित है। अन्ध व हिन्द महासागर के नितल पर ग्रेनाइट की हल्की परत पायी जाती है। संसार के महासागरों में प्रशान्त महासागर की तट-रेखा अन्य महासागरों से बिल्कुल नहीं मिलती। प्रशान्त महासागर की आकृति वृत्ताकार है। भू-पटल की इन्हीं विशेषताओं को देखकर जीन्स ने पृथ्वी से चन्द्रमा की उत्पत्ति का विचार किया और उसके धरातल पर महाद्वीप और महासागरों के जन्म की कल्पना की।

¹ G. Gamow : *Biography of the Earth*, p. 58

जीन्स ने ग्रहों के परिभ्रमण की स्थिरता (Rotational Stability of Planetary bodies) का अध्ययन कर यह निष्कर्ष निकाला कि चन्द्रमा की उत्पत्ति के बाद निरन्तर परिभ्रमण करते रहने से पृथ्वी ने नाशपाती जैसी (Pear-like) आकृति धारण कर ली। ऐसी दशा में पृथ्वी के प्रधान अंगों का रूप और वितरण निम्न प्रकार होगा :

- (1) नाशपाती की ग्रीवा के नितल भाग में महासागर होंगे।
- (2) नाशपाती के उत्तल भाग में स्थल गोलार्द्ध होगा।
- (3) स्थल गोलार्द्ध के प्रति-ध्रुवस्थ नाशपाती के डण्ठल के रूप में एक छोटा महाद्वीप होगा।
- (4) छोटे महाद्वीप को घेरे हुए कोई समुद्र होगा।

पृथ्वी की प्रारम्भिक रचना के उपरोक्त रूप को मान लेने के बाद जीन्स ने यह अनुमान लगाया कि पृथ्वी के शीतल होते समय दोनों स्थल भाग पारस्परिक आकर्षण के कारण एक-दूसरे के निकट आने लगे। इस पारस्परिक खिंचाव के कारण विषुवतरेखीय भाग में धरातलीय उभार पैदा हो गया। इस प्रकार उभरे हुए भाग महाद्वीप और नीचे धँसे हुए भाग महासागर बन गये। विषुवतरेखीय भाग में स्थलीय उभार से दो अन्य महाद्वीप बने।¹

सन् 1908 में सोलास (S. W. Sollas) ने जीन्स के मत का समर्थन करते हुए यह सिद्ध करने का प्रयत्न किया कि पृथ्वी पर जल और स्थल का वर्तमान वितरण ठीक उसी प्रकार है जिस प्रकार जीन्स ने बताया है। इसके अनुसार अफ्रीका महाद्वीप स्थल गोलार्द्ध के केन्द्र में स्थित है और उसका प्रति-ध्रुवस्थ प्रशान्त महासागर है। यद्यपि काल्पनिक नाशपाती के डण्ठल के स्थान पर आज कोई छोटा महाद्वीप नहीं है, किन्तु सोलास ने पूर्व समय में ऐसे महाद्वीप के होने को प्रमाणित करने की चेष्टा की है। संकुचन के कारण पृथ्वी के मध्यवर्ती भाग में स्थल का जो वलय (Ring of land) बना, वही आज अमरीका, आस्ट्रेलिया व अण्टार्कटिका के रूप में विद्यमान है। यह प्रशान्त महासागर को अन्ध महासागर और हिन्द महासागर से अलग करता है। अन्ध महासागर तथा हिन्द महासागर स्थल गोलार्द्ध में द्रोणीस्वरूप हैं।

ओसमण्ड फिशर (Osmond Fisher) ने सन् 1910 में जीन्स तथा सोलास के सिद्धान्त का समर्थन करते हुए यह मत व्यक्त किया कि प्रशान्त महासागरीय बेसिन का निर्माण चन्द्रमा के पृथ्वी से अलग होने से हुआ है। फिशर का मत पृथ्वी की धरातलीय रचना में विशाल असमिति (asymmetry) को स्पष्ट करता है। यह प्रशान्त महासागर और अन्ध महासागर की तट-रेखा के अन्तर की व्याख्या प्रस्तुत करता है। इसी कारण इस मत ने आधुनिक भू-भौतिक विचारों में बड़ा महत्त्व प्राप्त कर लिया है।

समीक्षा

(1) निरीक्षण तथा खोज द्वारा ज्ञात हुआ है कि चन्द्रमा का क्षेत्रफल प्रशान्त महासागर के क्षेत्रफल के बराबर है।

(2) चन्द्रमा का घनत्व 3.46 है जो पृथ्वी के सियाल पिण्ड (2.75) से थोड़ा-सा ही अधिक है। यदि चन्द्रमा के पृथ्वी से अलग होते समय सियाल के साथ थोड़ा सीमा पदार्थ का अंश भी मिला हुआ मान लिया जाय तो यह अन्तर स्पष्ट हो जाता है।

(3) चन्द्रमा की रचना में प्रशान्त महासागर की 60 किलोमीटर मोटी परत अलग हुई है जो इस मत के अनुकूल है।

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 33

आपत्तियाँ

(1) जीन्स ने पृथ्वी की उत्पत्ति के सम्बन्ध में जिस परिकल्पना का आश्रय लिया वही जब अमान्य घोषित हो चुकी है तो उस पर आधारित अन्य मत कैसे मान्य हो सकते हैं।

(2) वर्तमान में अनेक वैज्ञानिकों ने पृथ्वी से चन्द्रमा की उत्पत्ति का होना असम्भव सिद्ध कर दिया है। यदि पृथ्वी से कोई पिण्ड अलग हुआ है तो इससे उसकी परिभ्रमण गति काफी कम हो जानी चाहिए थी, किन्तु पृथ्वी की परिभ्रमण गति में कोई अन्तर नहीं पाया जाता।

(3) जैफ्रे ने सन् 1930 में यह बताया कि पृथ्वी जैसे द्रव पिण्ड पर ज्वार का उठना उसके अर्द्धव्यास में $\frac{1}{17}$ ऊँचाई तक ही सम्भव है।¹

(4) मोल्टन व चेम्बरलेन ने पृथ्वी से चन्द्रमा के अलग होने की सम्भावना को माना है। तीव्र गति से परिभ्रमण करती हुई तरल पृथ्वी से उसके कुछ पदार्थ का अलग हो जाना सम्भव है। परन्तु विद्वानों ने यह बताया है कि इसके लिए पृथ्वी में वर्तमान से बहुत अधिक कोणीय संवेग होना आवश्यक है।

(5) सन् 1931 में एफ० नोके (F. Nolke) नामक वैज्ञानिक ने यह सिद्ध कर दिया कि यदि पृथ्वी पिण्ड से कोई भाग पृथक होता है तो वह पुनः पृथ्वी में मिल जायगा।²

(6) पृथ्वी से चन्द्रमा के पृथक होने के लिए यह आवश्यक है कि पृथ्वी की श्यानता (viscosity) अर्थात् बहने योग्य गुण एक लम्बे समय तक बने रहना चाहिए, लेकिन यह सम्भव नहीं माना जाता।

(7) सन् 1938 में आर० ए० लिटिलटन ने यह सुझाया कि एक ग्रह से अलग होने वाला भाग एक ग्रह ही बन सकता है, न कि उपग्रह।

(8) यह सिद्धान्त महासागरीय तटों की रचना के अन्तर को तो स्पष्ट कर देता है, किन्तु प्रशान्त महासागर के द्वीपीय चाप की व्याख्या करने में यह असमर्थ है।

(9) पर्वतों की रचना भी इससे सिद्ध नहीं की जा सकती।

स्वैस का सिद्धान्त (Theory of Suess)

प्रसिद्ध भू-गर्भशास्त्री स्वैस ने पृथ्वी के भू-पटल को दो भागों में विभक्त किया है : (1) प्रतिरोधक भाग (Resistant part), और (2) अप्रतिरोधक भाग (Non-resistant part)। उसने प्रतिरोधक भाग कठोर शैलों और अप्रतिरोधक भाग मुलायम शैलों से बना हुआ माना है। कठोर शैलों से बने हुए भाग टूट सकते हैं परन्तु मुड़ नहीं सकते। पृथ्वी के प्राचीन कठोर पिण्डों को देखने से यह प्रमाणित होता है। वर्तमान में कठोर शैलों के प्राचीन भाग अवशेष रूप में पाये जाते हैं। ये भाग क्रमशः लारेंशिया शील्ड—जिसमें मुख्यतः राँकोज के पूर्व में स्थित कनाडा का भाग और स्कॉटलैण्ड के पश्चिमी द्वीप आते हैं; बाल्टिक शील्ड—जिसमें बाल्टिक सागर का निकटवर्ती भाग सम्मिलित है; अंगारालैण्ड—जिसमें पूर्वी साइबेरिया आता है; और गोंडवाना लैण्ड—जिसमें ब्राजील, अधिकांश अफ्रीका, अरब, सीरिया, भारत का प्रायद्वीप, हिन्दचीन व पश्चिमी आस्ट्रेलिया के भाग सम्मिलित हैं।

भू-पटल के उपरोक्त कठोर भागों के मध्य कमजोर भाग स्थित हैं, जो बाह्य दबावों को सहन न कर सकने के कारण कई बार मुड़ चुके हैं। मुड़ने के साथ-साथ ये भाग ऊपर भी उठते रहते हैं। भू-पटल पर मुड़ाव पड़ने तथा ऊपर उठने का क्रम लगातार नहीं होता। यह क्रिया निश्चित अन्तर पर होती थी। अन्तरिम अवस्था में पृथ्वी पर शान्ति बनी रहती थी।

¹ H. Jeffreys : *The Earth*, p. 248

² *Ibid.*, p. 249

शान्तिकाल में कठोर भागों के टूटने और भीतर को घँसने की क्रिया होती थी। इस प्रकार जहाँ कठोर भाग टूटकर नीचे घँस गये, वहाँ महासागर बन गये और जहाँ कमजोर भाग दबाव के कारण धरातल के ऊपर उठ गये, वहाँ महाद्वीप बन गये। लॉरेंशिया एवं गोंडवानालैण्ड के टूट जाने से वर्तमान अन्ध महासागर की रचना हुई। प्राचीन टेथिस महासागर जो एशिया, यूरोप और अफ्रीका के कठोर भागों के मध्य में स्थित था, दोनों ओर के कठोर भागों के सम्पीडन के कारण छिन्न-भिन्न हो गया। वर्तमान भूमध्यसागर उसी का अवशेष है। टेथिस महासागर के तल में बिछी हुई कोमल चट्टानें दबाव से मुड़कर ऊपर उठ गयीं जिससे उसके स्थान पर नवीन वलित पर्वतों की रचना हो गयी।

संक्षेप में, स्वैस के अनुसार भू-पटल के कठोर तथा मुलायम भाग जो मोड़ पड़ने की क्रिया के समय ऊपर उठ गये वहाँ महाद्वीप बन गये और कठोर भाग में भ्रंशन के कारण जो भाग नीचे घँस गये वहाँ महासागर बन गये।

जोली का तापीय चक्र सिद्धान्त

(The Thermal Cycle Theory of Joly)

पृथ्वी के धरातलीय इतिहास पर जोली द्वारा प्रस्तुत विचार इतने सरल और तर्कसम्मत हैं कि वर्तमान समय में उनको बड़ी मान्यता प्राप्त हुई है। उसने धरातल की रूपरेखा के बारे में सन् 1925 में तापीय चक्र सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। इस सिद्धान्त को उसने अपनी प्रसिद्ध पुस्तक *The Surface History of the Earth* में प्रस्तुत किया है।

स्वैस की भाँति जोली भी महाद्वीपों को हल्के सियाल पदार्थों से और महासागरीय तलों को भारी सीमा पदार्थों से निर्मित मानता है। सियाल का औसत घनत्व 2.67 है जो ग्रेनाइट के बराबर है और सीमा का औसत घनत्व 3.0 है। कम घनत्व वाला सियाल सीमा के ऊपर आधारित है। भू-सन्तुलन की भाषा में सियाल द्वारा निर्मित महाद्वीपीय खण्ड सीमा के अधःस्तर में तैरते हुए सन्तुलित हैं। एअरी के अनुसार सीमा पर तैरते हुए सियाल खण्ड के बाहर निकले हुए ऊपरी भाग का आठ गुना भाग सीमा के अन्दर घुसा रहता है। इसी आधार पर जोली ने यह निष्कर्ष निकाला कि सियाल की मोटाई 30 किलोमीटर है।¹

जोली के सिद्धान्त में सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि वह भू-पटल की समस्त चट्टानों को रेडियोधर्मी (radio-active) मानता है। उसके अनुसार सियाल सीमा की अपेक्षा अधिक रेडियोधर्मी हैं।² चट्टानों में उपस्थित प्रमुख रेडियोधर्मी तत्व थोरियम (Thorium) और यूरेनियम (Uranium) हैं। ये तत्व स्वतः विखण्डित होकर ताप उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार से उत्पन्न ताप यद्यपि नगण्य होता है, किन्तु धीरे-धीरे संचित होते रहने से कालान्तर में इसकी मात्रा अधिक हो जाती है जो कि पृथ्वी की रचना में महत्वपूर्ण परिवर्तन लाने में समर्थ होती है।

जोली के अनुसार, पृथ्वी के भू-पटल से बड़ी मात्रा में ताप निकलता रहता है। उसकी धारणा है कि सियाल में रेडियोधर्मिता द्वारा जितना ताप उत्पन्न होता है उससे अधिक ताप भू-पटल से बाहर निकल जाता है। यदि सियाल परत की औसत मोटाई 30 किमी ही है तो इस गहराई पर सियाल के आधार का तापमान लगभग 1050° सेण्टीग्रेड होना चाहिए। चूँकि भू-पटल से निकलने वाले ताप की मात्रा सियाल में रेडियोधर्मिता द्वारा उत्पन्न ताप से अधिक रहती है, अतः यह स्पष्ट है कि अधःस्तर से कोई ताप इसकी पूर्ति हेतु सियाल में नहीं पहुँचता। इस प्रकार जब अधःस्तर से कोई ताप सियाल में नहीं पहुँचता तो महाद्वीपों के नीचे तापमान की प्रवणता (Temperature

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 180

² J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 181

gradient) शून्य होगी। इस आधार पर सीमा के ऊपरी भाग का तापमान भी 1050° सेण्टीग्रेड होना चाहिए। महासागरों के नीचे भिन्न अवस्था पायी जाती है। महासागरीय तलों पर सम्भवतः सियाल नहीं पाया जाता। अतः सीमा के ऊपरी भाग में रेडियोधर्मिता के कारण जो भी ताप उत्पन्न होता है वह संचालन द्वारा समुद्री जल में विलीन हो जाता है। किन्तु अधिक गहराई पर ऐसी अवस्था नहीं मिलती। एक निश्चित गहराई पर अधःस्तर का तापमान बेसाल्ट के द्रवणांक बिन्दु के बराबर होगा। इसलिए गहराई के नीचे सभी परतें द्रव अवस्था में होंगी और अपने ताप का संचय करने में समर्थ होंगी। इस प्रकार यदि सीमा से सियाल अथवा महासागरों के नीचे के स्तरों से ऊपरी स्तर में कोई तापमान नहीं पहुँचता तो सीमा में बिना किसी ह्रास के ताप का संचय होता रहेगा। शनैः-शनैः सीमा में ताप का संचय इतना अधिक हो जायगा कि वह बेसाल्ट को पिघला देगा। बेसाल्ट का द्रवणांक बिन्दु 1050° सेण्टीग्रेड है जो अधःस्तर के ऊपरी भाग के अनुमानित तापमान से 100° अधिक है। अतः जब अधःस्तर (सीमा) का तापमान रेडियोधर्मिता के कारण उत्पन्न ताप के फलस्वरूप 1050° से. से बढ़कर 1150° से. हो जाता है तो वह पिघलने की अवस्था में हो जाता है।¹ जोली का अनुमान है कि रेडियोधर्मिता के कारण इतनी मात्रा — 100° सेण्टीग्रेड में ताप के संचय के लिए 3,30,00,000 से 5,60,00,000 वर्ष लगेंगे।²

यदि अधःस्तर ताप की वृद्धि से पिघलने की अवस्था में पहुँच जाता है तो पृथ्वी के भू-पटल पर अनेक परिवर्तन उत्पन्न होंगे। सर्वप्रथम, सीमा के पिघलने से उसके आयतन में वृद्धि होगी जिससे पृथ्वी का व्यास बढ़ जायगा। इस कारण महाद्वीपीय खण्ड ग्लोब के केन्द्र के सापेक्ष ऊँचे उठेंगे। सीमा के पिघलने के कारण उसका घनत्व कम हो जायगा और सियाल के महाद्वीप उसमें अधिक धँस जायेंगे। परिणामस्वरूप महासागर महाद्वीपों के तटीय भागों का अतिक्रमण कर उन्हें डुबो देंगे। यह समुद्रों के अतिक्रमण का युग (Period of Transgression Seas) कहलाता है। इस युग में महाद्वीपीय तटों के समीप छिछले जल में प्रभूत मात्रा में स्थल से प्राप्त अवसाद का निक्षेप होता है, जो भू-अभिनतियों (Geo-synclines) का रूप धारण कर लेता है। यह सिद्धान्त इस प्रकार भू-अभिनतियों के जन्म और उनमें निक्षेपित तलछट के कालान्तर में मुड़ने, ऊपर उठने और पर्वत-श्रेणियों का रूप धारण करने की व्याख्या करता है। "The theory accounts for the geo-synclines, with their included sediments, which are later to be folded and uplifted as mountain chains."³

महासागरीय तलों में अवस्था बिल्कुल भिन्न होती है। पृथ्वी के व्यास और उसकी परिधि में वृद्धि के कारण महासागर के तलों में इस समय तनाव उत्पन्न होगा जिससे तली में दरारें पड़ जायेंगी। इन दरारों से पिघला हुआ बेसाल्ट (लावा) बाहर निकलेगा। इसके द्वारा महासागरीय द्वीपों की रचना होगी। प्रशान्त महासागर के लावा के द्वीपों का निर्माण इसी प्रकार स्पष्ट किया जा सकता है। भू-पटल पर ये सब घटनाएँ बहुत ही धीरे-धीरे लाखों वर्षों में जाकर घटित होती हैं।

अधःस्तर की इस पिघली हुई अवस्था में, जबकि महाद्वीप उस पर तैर रहे होंगे तो उन पर ज्वारीय शक्ति का बहुत ही प्रभाव पड़ा होगा। ज्वारीय शक्ति के फलस्वरूप महाद्वीप (सियाल पिण्ड) पश्चिम दिशा की ओर गतिशील होंगे। यह जोली के सिद्धान्त का अत्यन्त महत्वपूर्ण विचार है, क्योंकि इस माध्यम से ताप निकल जाता है।⁴ महाद्वीपों के खिसकने से उनके स्थान पर

1 J. JoIy : *The Surface History of the Earth*, p. 85

2 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 182

3 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 182

4 J. Joly : *The Surface History of the Earth*, p. 200

महासागर बन गये होंगे। इस प्रकार महाद्वीपों के नीचे सीमा में संचित ताप महासागरीय तलों के द्वारा पूर्णतः बाहर निकल जायगा।

अतःस्तर के ताप का उपरोक्त विधि से ह्रास होने पर वह पुनः शीतल होकर ठोस हो जायगा। अधःस्तर के पुनः ठोस रूप धारण करने पर सर्वप्रथम पृथ्वी का व्यास घटकर पूर्ववत् हो जायगा। पृथ्वी के व्यास में कमी हो जाने से महाद्वीप पृथ्वी के केन्द्र की ओर अग्रसर होंगे। चूँकि नवीन घनीभूत सीमा का घनत्व उसकी द्रवित अवस्था से अधिक है, परिणामस्वरूप महाद्वीप सीमा की ऊपरी सतह के सापेक्ष में ऊपर उठे हुए होंगे और इसी कारण से वे समुद्र-तल (ocean level) की तुलना में भी ऊपर उठे रहेंगे। इस प्रकार महासागरों का अतिक्रमण समाप्त हो जायेगा। इस समय महाद्वीपों के किनारों पर निक्षेपित अवसाद दृष्टिगोचर होंगे। यह महासागरों के प्रतिक्रमण का युग (Period of regressional seas) होता है।¹

जोली ने यह बताने का प्रयत्न किया है कि अधःस्तर के पिघलने से ग्लोब का जो विस्तार हुआ वह पूर्णतः समुद्र की तली द्वारा ग्रहण कर लिया गया। अतः पुनः ठोस होते समय सर्वाधिक संकुचन भी उन्हीं भागों में होगा। फलस्वरूप महाद्वीप निकटवर्ती महासागरीय तलों के सिकुड़ने से सम्पीडित होंगे। इस सम्पीडन का प्रभाव महासागरीय प्रतिक्रमण-काल में निक्षेपित कोमल अवसादों पर अपेक्षाकृत अधिक होगा, जिससे वह अत्यधिक मुड़ जायगा। बलित पर्वतों की रचना का यह प्रथम चरण है। सीमा के शीतल होने एवं महासागरीय तलों के दबाव की क्रिया सीमा के ठोस होने के पूर्व ही घटित हो चुकी थी। इसके फलस्वरूप पर्वत-निर्माण की दो दिशाएँ स्पष्ट की जा सकती हैं। प्रथम पार्श्विक दबाव के कारण वलन (folding) तथा ग्रीवा खण्डों (nappe) की रचना हुई। दूसरी वलन के पश्चात् पर्वत समूह ऊपर उठे। पर्वतों का ऊपर उठना अधःस्तर के ठोस होने पर भू-सन्तुलन प्राप्ति (isostatic recovery) के कारण हुआ। यह जोली के सिद्धान्त का बड़ा ही महत्वपूर्ण बिन्दु है जो प्रायः अन्य सिद्धान्तों द्वारा छोड़ दिया जाता है।²

समीक्षा

(1) जोली के अनुसार पर्वतों की रचना एक निश्चित अवधि के बाद चक्रवत् (cyclic) होती है। किन्तु शेपर्ड (Shepard) ने यह प्रमाणित किया है कि पर्वतों की रचना चक्रवत् न होकर निरन्तर होती रहती है। यदि जोली की कल्पना को ही मान लिया जाय तो सम्पूर्ण पृथ्वी पर प्रत्येक क्रान्ति (revolution) के बाद सम्पीडन द्वारा वलन (folding) उत्पन्न होने चाहिए, परन्तु ऐसा नहीं देखा जाता। इसके विपरीत, आल्प्स क्षेत्र में जब सम्पीडन हलचलें तीव्रतर थीं, उस समय आइसलैण्ड क्षेत्र में तनाव (tension) द्वारा भ्रंशन हुआ था।³

(2) जोली के अनुसार पर्वत-निर्माण की घटनाएँ समान अन्तर से होती हैं। पर्वतीकरण के दो कालों के मध्य 3,30,00,000 से 5,60,00,000 वर्ष का अन्तर रहता है, जबकि रेडियोधर्मी कण सीमा को पिघलाने में समर्थ होते हैं।⁴ किन्तु अनेक विद्वानों ने भौगोलिक तथ्यों के आधार पर इसे अमान्य सिद्ध कर दिया है।

(3) जैफ्रे ने जोली द्वारा सीमा के ठोस होने की कल्पना से असहमति प्रकट की है। जैफ्रे की मान्यता है कि रेडियोधर्मी तत्त्वों से इतना ताप उत्पन्न हो सकता है कि सीमा सदैव द्रव अवस्था में बनी रहे।

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 183

² *Ibid* : p. 184

³ *Ibid*.

⁴ *Ibid*.

(4) यद्यपि यह सिद्धान्त बहुत अंशों तक इस बात का प्रतिपादन करता है कि संसार के विशाल पर्वत विशाल महासागरों के सम्मुख स्थित हैं।¹ (The greatest mountains face the greatest oceans.) किन्तु यह अन्ध महासागर तथा प्रशान्त महासागर के तटों की भिन्नता को स्पष्ट नहीं करता। जहाँ प्रशान्त महासागर के तटों की पर्वत-श्रेणियाँ सम्पीडन द्वारा बनी हो सकती हैं वहाँ अन्ध महासागरीय तटों की पर्वत-श्रेणियाँ तनाव को इंगित करती हैं।²

(5) पूर्व-पश्चिम दिशा में फैली हुई पर्वत-शृंखलाओं को महाद्वीप और महासागरों की वर्तमान स्थिति के द्वारा कदापि स्पष्ट नहीं किया जा सकता। किन्तु यदि मेसोजोइक कल्प के टेथीज की उपस्थिति को मान लिया जाय तो आल्प्स एवं हिमालय पर्वत-क्रमों को प्रमाणित किया जा सकता है।³

(6) जोली के अनुसार प्रशान्त महासागरीय द्वीपीय चाप (Island arcs) की उत्पत्ति महासागरीय तली में तनाव द्वारा उत्पन्न दरारों से सीमा के निकलने से हुई है। उसकी मान्यता है कि ये दरारें प्रशान्त महासागर के सर्वाधिक विस्तार से समकोण बनाती हुई स्थित हैं। लेक ने इस बात से असहमति प्रकट करते हुए बताया है कि महासागर की सर्वाधिक चौड़ाई चीन से चिली के मध्य है अर्थात् उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर। अतः द्वीपीय चाप को उत्तर-पूर्व से दक्षिण-पश्चिम को स्थित होना चाहिए।⁴

(7) जोली के सिद्धान्त की सबसे कठोर आलोचना जैफ्रे ने की है। जोली द्वारा सियाल की अनुमानित 30 किलोमीटर मोटाई को जैफ्रे उचित नहीं मानता। उसने भूकम्प की लहरों के प्रमाण द्वारा सिद्ध कर दिया है कि सियाल की मोटाई 16 किलोमीटर से अधिक नहीं है।⁵

(8) जोली ने यह कल्पना की है कि सीमा की द्रव अवस्था में महाद्वीप पश्चिम की ओर गतिशील हुए। किन्तु गणित द्वारा यह बताया जा सकता है कि ऐसी कोई ज्ञात शक्ति नहीं है जो महाद्वीपों को खिसकाने में समर्थ हो सके।⁶

(9) होम्स के अनुसार अधःस्तर में ताप की संचित मात्रा को निकालने के लिए जोली ने जो विधि बतायी है, वह अपूर्ण तथा संदिग्ध है।

(10) जैफ्रे ने इस भौतिक नियम 'Latent heat of change of state expresses a purely conservative tendency' के आधार पर यह आपत्ति प्रस्तुत की है कि रेडियोधर्मी तत्वों के द्वारा सीमा के एक बार द्रवित हो जाने के बाद वह पुनः ठोस नहीं होना चाहिए।⁷

जैफ्रे का तापीय संकुचन सिद्धान्त

(The Thermal Contraction Theory of Jeffreys)

पृथ्वी के धरातलीय रूपों की उत्पत्ति को स्पष्ट करने वाले सिद्धान्तों में जैफ्रे द्वारा प्रतिपादित तापीय संकुचन का सिद्धान्त एकदम नवीन और बड़ा महत्वपूर्ण है। जब महाद्वीपों के विस्थापन के लिए आवश्यक शक्ति का कोई स्पष्ट आधार नहीं बताया जा सका तो जैफ्रे ने महाद्वीपों एवं पर्वतों की रचना को पृथ्वी के संकुचन द्वारा स्पष्ट करने का प्रयत्न किया। उसके अनुसार कुछ तो पृथ्वी के शीतल होने और कुछ पृथ्वी की परिभ्रमण गति में कमी हो जाने से संकुचन हुआ जिसके फलस्वरूप ही भू-पटल पर महाद्वीप, महासागर एवं पर्वतों की रचना हो सकी। जैफ्रे ने अपने मत का ऐसे तर्क-सम्मत और गणितीय सिद्धान्तों के आधार पर प्रतिपादन किया है कि सामान्य व्यक्ति के लिए उसके विचारों को समझ पाना कठिन है।

¹ Ibid : p. 185

² Ibid.

³ Ibid.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid : p. 186

⁶ Ibid.

⁷ H. Jeffreys : *The Earth*, p. 323

जैफ्रे यह मानकर चला है कि पृथ्वी अनेक सकेन्द्रीय खोलों (concentric shells) से बनी है। ये खोल विभिन्न गति से शीतल हुए हैं। उसके अनुसार पृथ्वी के केन्द्र से 700 किलोमीटर तक की दूरी के प्रदेश में न तो तापमान में ही विशेष अन्तर पड़ा है और न उसके आयतन में ही कोई परिवर्तन आया है। किन्तु पृथ्वी के बाह्य (outer) 700 किलोमीटर तक के भाग में संकुचन का अधिक प्रभाव पड़ा। इस भाग में प्रत्येक ऊपर का खोल अपने नीचे के खोल से अधिक ठण्डा हुआ है। पृथ्वी का सबसे ऊपर का खोल सर्वप्रथम शीतल हुआ। इस कारण उसमें संकुचन अधिक हुआ, जिससे उसका आयतन घट गया। इसके नीचे का खोल शनैः-शनैः शीतल होने से अपेक्षाकृत कम ठण्डा हुआ और उसमें संकुचन भी कम हुआ। अतः इस खोल के व्यास में भी विशेष कमी नहीं हुई। किन्तु ऊपरी खोल का व्यास नीचे के खोल के अनुसार ही निश्चित होना चाहिए। अतः उसके आयतन में कमी होने पर भी उसके व्यास में विशेष परिवर्तन नहीं होगा। फलस्वरूप ऊपरी खोल पतला हो जायेगा। फिर चूँकि यह खोल कमजोर होता है इसलिए इसके पदार्थ सम्पीडन द्वारा उत्पन्न दबाव के अनुरूप हो जायेगा और सम्भवतः द्रव स्थैतिक अवस्था को प्राप्त कर लेगा।

दूसरी अवस्था में जब ऊपरी खोल पूर्ण रूप से ठण्डा हो चुकेगा तो उसमें अधिक संकुचन नहीं हो पायेगा किन्तु इसके विपरीत नीचे का खोल शीतल होता रहेगा। अतः ऊपरी खोल नीचे वाले खोल से बड़ा रह जायेगा। फलस्वरूप ऊपरी खोल को नीचे के खोल से पूरी तरह सटे रहने के लिए मुड़ना और टूटना पड़ेगा। जैफ्रे ने इन दोनों खोलों के मध्य एक ऐसे प्रदेश की कल्पना की है जहाँ न तनाव होगा न खिचाव (level of no strain) ही होगा। यह प्रदेश ऊपरी और नीचे के खोलों के मध्य संकुचन में सामंजस्य उत्पन्न करेगा।¹ इस प्रदेश के नीचे के खोल में बराबर संकुचन होता जायेगा, इस कारण इसे ऊपरी खोल से सटे रहने के लिए फैलना पड़ेगा। फैलने से इसमें दरारें उत्पन्न हो जायेगी जो सम्भवतः नीचे के उष्ण और द्रव पदार्थों से भर जायेगी। इसके विपरीत ऊपरी खोल में पृथ्वी के अर्द्धव्यास में कमी हो जाने से संकुचन होगा जिससे विशाल मोड़ों का जन्म होगा। गणितीय आधार पर जैफ्रे ने यह बताया कि पृथ्वी के धरातल में संकुचन द्वारा 200 किलोमीटर तक सिकुड़न हुई है जिससे धरातल के क्षेत्रफल में 5×10^{16} cm² कमी हुई है।²

महाद्वीपों की अपेक्षा महासागरों के नीचे धरातल अधिक गहराई तक और शीघ्र ठण्डा हुआ। महासागरीय तलों की चट्टानें अधिक घनत्व की बनी हुई हैं। इसलिए सम्भवतः इन चट्टानों ने कठोर तल का कार्य किया होगा, जिससे क्षैतिज सम्पीडन द्वारा मोड़ केवल निकटवर्ती महाद्वीपों पर ही पड़े। प्रशान्त महासागर के चारों ओर तटों के समीप बनी हुई पर्वत श्रेणियाँ इसकी पुष्टि करती हैं।

जैफ्रे ने पर्वत-निर्माण की क्रिया को चक्र रूप में (cycle of mountain building) प्रस्तुत करने का भी प्रयत्न किया है। भू-गर्भिक इतिहास पर ध्यान देने से ज्ञात होगा कि भू-पटल पर पर्वत-निर्माण की क्रिया कई बार हुई है। किन्तु यह विचार संकुचन के सभी सिद्धान्तों में कठिनाई पैदा करता है। किन्तु जैफ्रे के अनुसार संकुचन द्वारा उत्पन्न दबाव तब तक बढ़ता जायगा जब तक वह चट्टानों की शक्ति से अधिक नहीं हो जायगा। दबाव से चट्टानों की शक्ति के बढ़ जाने पर धरातल पर मोड़ तथा दरारें उत्पन्न होंगी और जब तक दबाव समाप्त नहीं हो जायेगा धरातल पर पर्वत-निर्माण का कार्य चलता रहेगा। पर्वत-निर्माण की क्रिया से जब दबाव कम हो जायगा

¹ H. Jeffreys : *The Earth*, p. 321

² J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 153

तो पुनः धरातल पर शान्ति का समय (Period of quiescence) होगा। शान्तिकाल के बाद दबाव के बढ़ जाने पर फिर पर्वत-निर्माण क्रिया प्रारम्भ हो जायगी। इस प्रकार पर्वत-निर्माण चक्र चलता रहेगा। जैफ्रे ने चट्टानों की शक्ति के आधार पर पर्वतीकरण के पाँच चक्रों को माना है जो अन्य तथ्यों के अनुसार पर्वत निर्माणकारी युगों की संख्या के अनुकूल है।

यदि पर्वत-निर्माण उपरोक्त मत के अनुसार ही मान लिया जाय तो तनावहीन स्तर (level of no strain) के नीचे की पट्टा का पनना होना आवश्यक है। गुरुत्वाकर्षण के वशीभूत बाह्य खोल नीचे की पतली तह की ओर खिच जायगी और जब एक बार सम्पीडन के कारण सतह पर मोड़ पड़ने प्रारम्भ होकर पर्वत-निर्माण होने लगेगा तो इस पतली तह पर दबाव बढ़ता जायगा। इस प्रकार पर्वतों के नीचे से द्रव पदार्थ बाहर फूट पड़ेगे। इस तरह पर्वतों का निर्माण और उनकी क्षतिपूर्ति साथ-साथ चलती रहती है।¹

समीक्षा

(1) जैफ्रे ने साधारण संकुचन द्वारा पृथ्वी के धरातल पर जिन विशाल मोड़ों एवं दरारों के निर्माण की कल्पना की है, वह असम्भव है। इस प्रकार के संकुचन से तो केवल साधारण मोड़ ही पड़ सकते हैं।

(2) यदि पर्वतों की रचना पृथ्वी के भीतरी संकुचन के कारण हुई है तो फिर पर्वत-निर्माण की क्रिया निरन्तर होती रहनी चाहिए, किन्तु भू-गर्भिक इतिहास से पता चलता है कि पर्वत-निर्माण एक निश्चित अवधि के बाद ही होता है।

(3) जैफ्रे ने ग्रेनाइट शैलों के आधार पर पर्वत-निर्माण के पाँच युग माने हैं। यद्यपि उसकी यह कल्पना सही प्रतीत होती है किन्तु होम्स का कहना है कि प्यो-ज्यो पृथ्वी शीतल होती गयी त्यों-त्यों पर्वत-निर्माण के युगों का अन्तर भी बढ़ता जाना चाहिए। किन्तु इसके विपरीत पृथ्वी पर पर्वत-निर्माण के युगों का अन्तर एकसा रहा है।²

(4) यदि पर्वत-निर्माण संकुचन के कारण ही हुआ है तो यह क्रिया धरातल के सभी भागों में होनी चाहिए। किन्तु भौगोलिक तथ्य इसका समर्थन नहीं करते।

(5) जैफ्रे की इस कल्पना को कि पृथ्वी की भीतरी गर्मी धीरे-धीरे कम होती जा रही है, विद्वानों ने असत्य सिद्ध कर दिया है।

(6) क्या कुछ विशाल पर्वत-श्रेणियों के निर्माण से ही भू-पटल की नीचे की चट्टानों पर पड़ने वाला दबाव घट जायगा अर्थात् सम्पीडन शक्ति भू-पटल की शैलों की परिदृढ़ता से कम हो जायगी? यदि पृथ्वी चपटी होती और सम्पीडन का एक जैसा प्रभाव वर्गाकार महाद्वीप पर पड़ता तो सम्भव था कि पर्वत-श्रेणियाँ वर्ग की भुजाओं के समान्तर बनतीं और दबाव में कमी हो जाती। इसी प्रकार यदि पृथ्वी अण्डाकार होती और उस पर वृत्ताकार महाद्वीप होता तो दो पर्वत-श्रेणियाँ उसके केन्द्र पर एक-दूसरे को काटती हुई हो सकती थी। किन्तु पृथ्वी के स्वरूप में कोई एकरूपता नहीं है। अतः उपरोक्त प्रश्न का उत्तर देने में यह सिद्धान्त असमर्थ है।

(7) इस सिद्धान्त के द्वारा महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति को स्पष्ट नहीं किया जा सकता। यदि यह मान लिया जाय कि पृथ्वी वायव्य अवस्था से ठण्डी होकर वर्तमान अवस्था में पहुँची है तो सबसे बड़ी कठिनाई यह आती है कि जल और स्थल किस प्रकार अलग हुए। यदि जल और स्थल पृथ्वी की द्रव अवस्था में अलग हुए हैं तो महासागरों में जल कैसे एकत्र हो गया, जबकि पृथ्वी की वायव्य और द्रव अवस्था में उसका ऊपरी तल चिकना और समतल होना ही सम्भव

¹ Ibid : p. 156

² B. Gutenberg : *Internal Constitution of the Earth*, p. 162

है।¹ यदि पृथ्वी के ठोस अवस्था को प्राप्त हो जाने के उपरान्त महाद्वीप और महासागर बने हैं तो स्थल पदार्थ किस प्रकार इस भाँति एकत्र हो सके जिससे कि महाद्वीपों का निर्माण हो सका, जबकि पृथ्वी की परिदृढ़ता के कारण पदार्थ का इस प्रकार एकत्र होना सम्भव नहीं है। ऐसा केवल विस्थापन (drift) द्वारा ही सम्भव हो सकता है, किन्तु यह विचार सकुचन सिद्धान्त के विपरीत है।²

उपरोक्त आलोचनाओं से मुक्ति पाने के लिए जैफ्रे ने अपने मत की पुष्टि में कुछ नवीन आधार खोजने का प्रयत्न किया है जो निम्न प्रकार हैं :

- (1) ज्वार-भाटे के कारण पृथ्वी की धुरी का झुकाव परिक्रमण तल पर बदलता रहा है।
- (2) चुम्बकीय अन्तर के कारण पृथ्वी पर ग्रेनाइट का संग्रह असमान रूप से हुआ। जिन स्थानों पर ग्रेनाइट एकत्रित हुआ वहाँ महाद्वीप बन गये और जहाँ ग्रेनाइट एकत्रित नहीं हुआ वहाँ महासागर बने।³
- (3) सी० एफ० एस० हिल ने बताया है कि उबलते हुए पदार्थ में 'झाग' केवल कुछ स्थानों पर ही एकत्रित होता है।⁴ इसी आधार पर जैफ्रे ने यह माना कि द्रव अवस्था से ठोस होते समय पृथ्वी के धरातल पर ग्रेनाइट केवल कुछ स्थानों पर ही एकत्रित हो पाया।
- (4) ध्रुवों का भी स्थानान्तरण हुआ है।
- (5) पर्वत एवं ज्वालामुखी आदि के अतिरिक्त भी भू-पटल पर फैलने व सिकुड़ने का प्रभाव पड़ा है। किन्तु इससे महाद्वीपों के वहन की बात सिद्ध नहीं होती।

वेगनर का महाद्वीपीय विस्थापन सिद्धान्त (Wegner's Theory of Continental Drift)

महाद्वीपों की रचना के सम्बन्ध में प्रतिपादित महाद्वीपीय विस्थापन सिद्धान्त यद्यपि वेगनर के नाम से प्रसिद्ध है, किन्तु इसका सूत्रपात वस्तुतः एन्टोनियो स्नाइडर (Antonio Snider) और एफ० जी० टेलर (F. G. Taylor) के हाथों ही हुआ। स्नाइडर ने सन् 1858 और टेलर ने सन् 1908 में महाद्वीपीय विस्थापन के सम्बन्ध में विचार प्रकट किये थे। किन्तु उस समय ये लोग अपने विचारों को स्पष्ट रूप नहीं दे सके थे। महाद्वीपीय विस्थापन को स्पष्ट रूप देने और इसकी पुष्टि में अनेक प्रमाण एकत्रित करने का कार्य श्री वेगनर ने ही सम्पादित किया। अतः इस सिद्धान्त का समस्त श्रेय वेगनर को ही दिया जाता है। वेगनर ने सर्वप्रथम सन् 1912 में इस सिद्धान्त का प्रतिपादन किया, परन्तु उस समय प्रथम महायुद्ध के कारण वैज्ञानिकों ने इस ओर ध्यान नहीं दिया। अतः वेगनर ने सन् 1924 में इस सिद्धान्त को पुनः संशोधित कर उसे जर्मन भाषा में प्रकाशित किया। इसके पश्चात् सन् 1924 में उसका अंग्रेजी संस्करण निकला। तभी से यह सिद्धान्त वैज्ञानिक जगत में सबसे अधिक वाद-विवाद का विषय बना हुआ है।

एल्फ्रेड वेगनर मूलतः ऋतु विज्ञानवेत्ता था। वह वस्तुतः पृथ्वी की जलवायु सम्बन्धी गुत्थियों को सुलझाने की चेष्टा कर रहा था। उसे अनेक स्थानों पर भू-गर्भशास्त्र के ऐसे प्रमाण (जीवाश्म) प्राप्त हुए जिनसे यह प्रमाणित होता था कि पृथ्वी के सभी भागों की जलवायु में विशेष परिवर्तन हुए हैं। उदाहरणतः, राजस्थान के मरुस्थल में हिमानियों के चिह्न प्राप्त होते हैं जिनसे यह प्रकट होता है कि वहाँ कभी न कभी अत्यन्त शीतल जलवायु रही है। इसी तरह अण्टार्कटिका प्रदेश में कोयले का पाया जाना वहाँ किसी समय उष्ण जलवायु होने को प्रकट करता है। मध्य यूरोप और संयुक्त राज्य अमरीका में ऐसे चिह्न मिलते हैं जिनसे यह स्पष्ट होता है कि किसी समय

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 156

² *Ibid.*

³ H. Jeffreys : *The Earth*, p. 349

⁴ *Ibid.* : p. 351

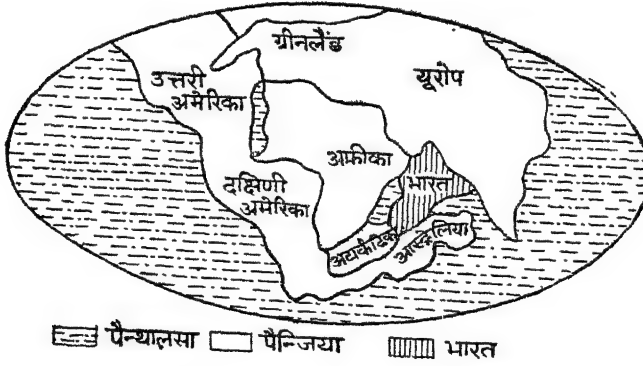
ये भाग हिमावरण से ढके हुए थे। पृथ्वी के विभिन्न भागों में जलवायु के इन महान विभेदों के क्या कारण हो सकते हैं, इनका स्पष्टीकरण करना ही वैज्ञानिकों के समक्ष एक समस्या थी। अतः इस सम्बन्ध में दो विकल्प प्रस्तुत किये गये :

- (1) महाद्वीप स्थिर रहे हैं और जलवायु के कटिबन्धों में ही परिवर्तन होता रहा है, अथवा
- (2) जलवायु के कटिबन्ध स्थिर रहे हैं और महाद्वीप एक स्थान से दूसरे स्थान को हटते रहे हैं।

वेगनर का सिद्धान्त उपरोक्त दूसरी सम्भावना पर ही आधारित है। वेगनर द्वारा प्रतिपादित महाद्वीपीय विस्थापन के सिद्धान्त की रचना पूर्वकालीन जलवायु के विभेदों को स्पष्ट करने के लिए ही हुई।

सिद्धान्त की रूपरेखा—वेगनर ने संसार के भिन्न-भिन्न भागों की जलवायु के अन्तर को स्पष्ट करने के लिए, समस्त महाद्वीपों और संसार के सम्पूर्ण मानचित्र का ध्यानपूर्वक अध्ययन किया। इस अध्ययन में उसने महाद्वीपों के विपरीत भागों में अभूतपूर्व समानता देखी। इस समानता को स्पष्ट करने के लिए उसने 'साम्य-स्थापन' (Jigsaw Fit) की कल्पना की। इस कल्पना के आधार पर उसने बताया कि दक्षिणी अमरीका का ब्राजील का उभरा हुआ भाग अफ्रीका की गिनी की खाड़ी में भली प्रकार सटाया जा सकता है। अन्ध महासागर के दोनों ओर उत्तरी अमरीका की तट रेखा तथा पश्चिमी यूरोप की तट रेखा को भी इसी तरह सम्बद्ध किया जा सकता है। इसी भाँति अफ्रीका के पूर्वी तट इथोपिया तथा ईरीट्रिया का उभरा हुआ भाग पश्चिमी भारत तथा पाकिस्तान की तट रेखा से संयुक्त किया जा सकता है। धीरे-धीरे इसी तरह उसने सभी महाद्वीपों को परस्पर सम्बन्धित बताया।

वेगनर ने 'साम्य-स्थापन' की कल्पना को स्पष्ट करने के लिए अन्ध महासागर के दोनों ओर की भूमि का रचना तथा भू-गर्भिक इतिहास आदि अनेक दृष्टियों से अध्ययन किया।



चित्र 65—पैन्जिया

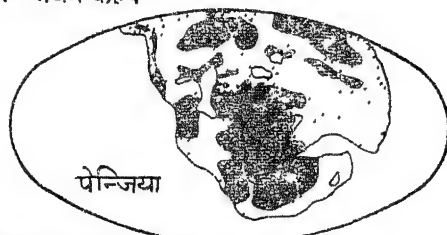
इस अध्ययन से उसने पाया कि दोनों तटों की भूमि अपनी संरचना और भू-गर्भिक इतिहास में समान है। यही नहीं, उसने दोनों ओर के जीवाश्मों, वनस्पति और जीव-जन्तुओं में भी समानता देखी। इन सब तथ्यों के आधार पर वेगनर इस परिणाम पर पहुँचा कि धरातलीय इतिहास के प्रारम्भिक काल अर्थात् पुराजीव महाकल्प में अनेक महाद्वीप परस्पर जुड़े हुए थे। एक ओर आस्ट्रेलिया, अफ्रीका, दक्षिणी अमरीका, प्रायद्वीपीय भारत और अंटार्कटिका सब मिले हुए रूप में दक्षिणी महाद्वीप का निर्माण करते थे, जो गोण्डवाना लैण्ड (Gondwana land) कहलाता था। दूसरी ओर उत्तरी अमरीका, यूरोप और एशिया उत्तरी महाद्वीप का निर्माण करते थे जो 'अंगारा

लैण्ड' (Angara land) कहलाता था। इन दोनों महाद्वीपों के मध्य में एक संकीर्ण महासागर था था जो टेथिस (Tethys) महासागर कहलाता था। यद्यपि अंगारा लेण्ड और गोडनाना लेण्ड दोनों ही टेथिस महासागर के कारण मध्य में अलग-अलग थे, परन्तु दोनों ही वस्तुतः एक ही भू-महाद्वीप के भाग थे। वेगनर ने इस संयुक्त भू-महाद्वीप का नाम पैन्जिया (Pangea) रखा।

पुराजीव कल्प में पैजिया महाद्वीप के कुछ भाग उथले समुद्रों से ढके हुए थे। किन्तु इसके चारों ओर पृथ्वी के शेष भाग पर एक ही भू-महासागर फैला हुआ था। यह स्थल-पिण्ड उस समय 'सीमा' (Sima) में उसी प्रकार तैरता था जिस प्रकार समुद्र में प्लावी हिम शैल (ice-beargs) तैरा करते हैं। इस समय इस भू-महाद्वीप की स्थिति ऐसी थी कि दक्षिणी-ध्रुव अफ्रीका के दक्षिण में नेटाल के समीप स्थित था।¹ वेगनर के अनुसार कालान्तर में इस भू-महाद्वीप के विभिन्न भाग विदीर्ण होकर विस्थापित होने लगे। कार्बन युग (Carboniferous period) में पैन्जिया के उत्तरी

और दक्षिणी दो भाग हो गये। तदनन्तर मध्यजीव कल्प (Mesozoic era) के अन्त में इसके पूर्वी और पश्चिमी भाग भी अलग हो गये। पैन्जिया का इस प्रकार विघटन और विस्थापन अवकल गुरुत्वाकर्षण शक्ति (differential gravitational force) के कारण हुआ। महाद्वीपों का विस्थापन सामान्यतः दो दिशाओं की ओर उन्मुख हुआ। एक ओर महाद्वीपों का विस्थापन विषुवत रेखा की ओर हुआ जो गुरुत्वाकर्षण केन्द्र और महाद्वीपों की प्लवनशीलता (buoyancy) के केन्द्र के पारस्परिक सम्बन्ध पर आश्रित था। इस विस्थापन से यूरोप तथा अफ्रीका महाद्वीप प्रभावित हुए। दूसरी ओर महाद्वीप पश्चिम दिशा को विस्थापित हुए जो मूलतः ज्वारीय शक्ति पर आधारित था। पश्चिम की ओर विस्थापन से उत्तरी तथा दक्षिणी अमरीका प्रभावित हुए। महाद्वीपों का वर्तमान विन्यास पैन्जिया के विभिन्न भागों के टूटने और उनके विस्थापन से ही अस्तित्व में आया है। इस प्रकार यह सिद्धान्त यह प्रमाणित करने की चेष्टा करता है कि महाद्वीपों की स्थिति कभी भी स्थायी नहीं रही है। इसके अतिरिक्त

ऊपरी कार्बन कल्प



आदि शून्य कल्प



चतुर्थ महाकल्प



■ महाद्वीपखंड □ महासागर ▨ उथले समुद्र

चित्र 60—पैन्जिया द्वारा महाद्वीपों व महासागरों का निर्माण

यह सिद्धान्त पर्वतों की उत्पत्ति पर भी प्रकाश डालता

1 "Wegner has suggested that the Poles have been assumed not always to be in the same places relative to the continental masses. The North Pole in the Silurian period was in Lat. 14° N., Long. 124° W.; in the Carboniferous period in Lat. 16° N., Long. 147° W., in the Tertiary period in Lat. 51° N., Long. 153° W. The South Pole and Equator obviously moved into accordant positions."

—J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 166

है। इस सिद्धान्त के अनुसार यूरोप के आल्प्स पर्वत की रचना अफ्रीका और यूरोप के सिरों के निकट आने से हुई तथा राँकीज और एण्डीज पर्वत अमरीकी व प्रशान्त महासागर की तली के आपस में टकराने से बने हैं।

इस सिद्धान्त के प्रतिपादन में अनेक प्रमाण प्रस्तुत किये गये हैं जो निम्न प्रकार हैं :

✓(1) महाद्वीपीय विस्थापन के सम्बन्ध में वेगनर द्वारा प्रस्तुत अनेक प्रमाणों में भौगोलिक प्रमाण सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। वेगनर ने बताया है कि अन्ध महासागर के दोनों ओर के महाद्वीपों के तट अपनी रचना में समान हैं। इससे इनका अलग होना स्पष्ट प्रतीत होता है। दक्षिणी अमरीका के पूर्वी तट का आगे निकला हुआ भाग अफ्रीका के पश्चिमी तट (गिनी-तट) से भली प्रकार सटाया जा सकता है। इसी प्रकार ग्रीनलैण्ड, बैफिनलैण्ड एवं एल्समीरलैण्ड, पूर्वी-उत्तरी अमरीका तथा पश्चिमी यूरोप के भाग से भली प्रकार सम्बद्ध हो सकता है। इस प्रकार के निर्णय में जलमग्न तट की बनावट का ध्यान रखा जाना आवश्यक है।

✓(2) भू-गर्भशास्त्रियों ने अन्ध महासागर के दोनों तटों के चट्टानों एवं पर्वत-श्रेणियों का अध्ययन किया है। इस अध्ययन से वे इस परिणाम पर पहुँचे हैं कि दोनों तटों की चट्टानों और पर्वत-श्रेणियों में बड़ा भारी साम्य है। वे न केवल भू-गर्भिक इतिहास अपितु संरचना की दृष्टि से भी समान हैं। यह समानता चट्टानों के नमन (dip) और मोड़ रेखाओं (fold lines) की दिशा आदि से भी स्पष्ट प्रतीत होती है। यूरोप, अफ्रीका और अमरीका के पर्वतों की बनावट के अध्ययन से यह प्रकट होता है कि इन सब पर्वतों के निक्षेप लगभग एक-से हैं। यही नहीं, ब्राजील के पठार, दक्षिणी अफ्रीका, दक्कन के पठार एवं आस्ट्रेलिया के पठार की बनावट में भी बहुत समानता पायी जाती है। दक्षिणी अमरीका और दक्षिणी अफ्रीका से निकलने वाले खनिजों की समानता (विशेषकर हीरे की) से भी यह सिद्ध होता है कि ये भू-भाग किसी समय एक थे।

✓(3) साम्य स्थापना का समर्थन करते हुए ई० बी० बैली (E. B. Baily) ने अन्य कई प्रमाण प्रस्तुत किये हैं। यूरोप तथा उत्तरी अमरीका में फैले हुए हर्सीनियन मोड़ (Hercynian folds) एक ही रेखा पर आकर बैठते हैं। उत्तरी ब्रिटेन के केलिडोनियन मोड़ (Caledonian folds) पश्चिम में हर्सीनियन श्रेणियों की ओर झुकते हैं। दक्षिणी वेल्स तथा आयरलैण्ड में ये श्रेणियाँ एक-दूसरे से मिलती हैं और एक-दूसरे को पार करने लगती हैं। एक-दूसरे को पार करने की यह क्रिया उत्तरी अमरीका में पेन्सिलवेनिया में पूरी होती है। इसी प्रकार पश्चिमी स्विट्सर्लैंड की केलिडोनियन श्रेणी पूर्वी ग्रीनलैण्ड तक फैली हुई देखी जाती है।¹

✓(4) डू टोइट (A. L. Du Toit) ने सन् 1927 में दक्षिणी अन्ध महासागर के दोनों तटों का भू-गर्भित अध्ययन करते समय उनमें गहरी समानता पायी। उसने देखा कि ब्राजीलाइड (Brasilides) नामक केलिडोनियन मोड़ ब्राजील से शुरू होते हुए दक्षिणी अफ्रीका के तट तक फैले हुए हैं। इसी प्रकार गोंडवानाइड (Gondwanidise) नामक मोड़ अर्जेंटीना से प्रारम्भ होकर दक्षिणी अफ्रीका के केप प्रान्त तक चले गये हैं।² दक्षिणी अमरीका और दक्षिणी अफ्रीका के दोनों तटों की भू-रचना सम्बन्धी उपरोक्त साम्यता का समाधान विस्थापन द्वारा ही किया जा सकता है। डू टोइट ने यह भी बताया है कि जहाँ भू-गर्भिक समानता नहीं पायी जाती है तो सम्भव है कि दोनों महाद्वीपों के बीच 400 से 800 किलोमीटर चौड़ा स्थल अपरदन अथवा अवतलन द्वारा विलीन हो गया हो। अन्ध महासागर में सियाल की उपस्थिति अवतलन की पुष्टि करती है।

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 172

² *Ibid* : p. 169

(5) महाद्वीपों के विस्थापन के लिए वेगनर ने जिन शक्तियों का उल्लेख किया, उसकी बड़ी आलोचना की गयी है किन्तु श्वेडर (Schweyde) ने 1916 में महाद्वीपीय विस्थापन का समर्थन करते हुए एक तीसरी शक्ति की खोज की। यह शक्ति पृथ्वी की धुरी का अग्रचलन (Precession of the Earth's Axis) सम्बन्धी है। इस शक्ति के द्वारा उसने महाद्वीपों का विस्थापन पश्चिम की ओर तथा विपुलत रेखा की ओर सम्भव बताया।¹

(6) अन्ध महासागर के दोनों ओर के तटों से मेसोसौर (Mesosaurs) जन्तु तथा ग्लोसोपेट्रिस (Glossopteris) वनस्पति के जो जीवाश्म प्राप्त हुए हैं, उनमें बहुत अधिक साम्य पाया गया है। ये जीवाश्म भूमि में जिन चट्टानों से मिले हैं उनमें एकसमान क्रम पाया जाता है। इस प्रकार उत्तरी-पश्चिमी यूरोप एवं पूर्वी अमरीका के भागों में लगभग एकसी वनस्पति और जीवों के अवशेष मिलते हैं। दक्षिणी अफ्रीका और दक्षिणी अमरीका में मेसोसौर नामक मछली के जो जीवाश्म प्राप्त हुए हैं, वे इस बात की ओर निर्देशन करते हैं कि ये दोनों भू-भाग एक-दूसरे से 4000 मील की दूरी तक जुड़े हुए थे, अन्यथा इनके मध्य में एक ऐसा स्थल-सेतु था जिसके द्वारा ये जीव स्वतन्त्रता से इधर-उधर आया-जाया करते थे।

✓(7) यूरोप में कुछ ऐसे जीव-जन्तु (जैसे लेमिगज) पाये जाते हैं जो ऋतु विशेष में पश्चिम की ओर यात्रा करते हैं। पश्चिम की ओर बहुत दूर पहुँचकर ये अन्ध महासागर के तट पर पहुँच जाते हैं और इसमें कूदकर अपनी आत्माहुति दे देते हैं। इन जीवों के इस प्रकार के आचरण में यह निष्कर्ष निकाला गया है कि ये जीव किसी ऐसे भू-खण्ड की ओर जाना चाहते हैं जिनसे उनके पूर्वज परिचित थे। किन्तु वह भू-खण्ड अब वहाँ नहीं है, अतः इन जीवों की लीला उस प्रयत्न में समुद्र में ही समाप्त हो जाती है। वस्तुतः इन जीवों की यह आदत उस समय से चली आ रही है, जबकि उत्तरी अमरीका और यूरोप परस्पर जुड़े हुए थे। उस समय ये जीव ऋतु विशेष में यूरोप से उत्तरी अमरीका को चले जाते थे। आज भी यह देखा जाता है कि कई भारतीय पक्षी ऋतु विशेष में हिमालय की ओर चले जाते हैं।

✓(8) वर्तमान समय में यह ज्ञात हुआ है कि ग्रीनलैण्ड बहुत मन्दगति से कनाडा की ओर विस्थापित हो रहा है। यह निष्कर्ष सन् 1823, 1870 और 1917 में ग्रीनलैण्ड तथा कनाडा के बीच की दूरी नापकर निकाला गया है। इन निरीक्षणों से यह पता चला है कि ग्रीनलैण्ड और कनाडा के मध्य की दूरी प्रति वर्ष 35 गज कम होती जा रही है। इस आधार पर यह सोचना युक्तियुक्त है कि यदि ग्रीनलैण्ड जैसा विशाल द्वीप खिन्नक सकता है तो अन्य महाद्वीपों के विस्थापित होने में कौन-सी आश्चर्य की बात है।

✓(9) कार्बन कल्प के उत्तरार्द्ध में दक्षिणी भारत, दक्षिणी अमरीका, दक्षिणी अफ्रीका तथा आस्ट्रेलिया के बहुत-से भाग हिम से ढके हुए थे, जिसके चिह्न आज भी इन महाद्वीपों में पाये जाते हैं। वर्तमान समय में ये सब एक-दूसरे से हजारों मील दूर हैं। वेगनर ने इसका कारण स्पष्ट करते हुए बताया है कि उस समय ये सब महाद्वीप एक ही भू-महाद्वीप पैन्जिया के अंग थे। उस समय दक्षिणी ध्रुव डरबन के समीप था अर्थात् पैन्जिया के मध्य में स्थित था। अतः ये सभी स्थल खण्ड सरलता से प्रभावित हो सकते थे। महाद्वीपीय विस्थापन के द्वारा पूर्वकालीन जलवायु के विभेद इस तरह भली प्रकार स्पष्ट हो जाते हैं।

आलोचना

यद्यपि वेगनर ने महाद्वीपीय विस्थापन के द्वारा अनेक समस्याओं का समाधान प्राप्त करने की चेष्टा की है, किन्तु सभी शंकाओं का समाधान इससे सम्भव नहीं है। फिर भी इतना तो

¹ Ibid : p. 165

मानना ही पड़ेगा कि वेगनर ने हमारे विचारों को नवीन दिशाबोध प्रदान किया है। विद्वानों ने महाद्वीपीय विस्थापन के सम्बन्ध में निम्न आपत्तियाँ प्रस्तुत की हैं :

(1) कई आलोचकों ने इस सिद्धान्त में साम्य-स्थापन (Jigsaw-fit) के तत्त्व को दोषी ठहराया है। उनका कहना है कि भिन्न-भिन्न महाद्वीप एक-दूसरे के साथ एक निश्चित सीमा तक ही मिलाये जा सकते हैं। आधुनिक खोजों के अनुसार यदि दक्षिणी अमरीका को अफ्रीका के गिनी-तट से मिलाया जाये तो उनमें 15° का अन्तर रह जाता है।¹ शुशर्ट (Schuchert) ने अन्ध महासागर के विपरीत तटों में साधारण साम्य ही माना है जो बिना विस्थापन के भी स्पष्ट किया जा सकता है।

(2) अन्ध महासागर के मध्य में एक अन्तः-समुद्री कटक (Submarine Ridge) पायी जाती है। इस सिद्धान्त के अनुसार यदि अमरीका का पूर्वी तट तथा यूरोप एवं अफ्रीका के पश्चिमी तट आपस में सम्बद्ध थे तो फिर यह कटक कहाँ थी? वस्तुतः यह एक ऐसा भौगोलिक तथ्य है जिससे महाद्वीपों का परस्पर सम्बद्ध होना किसी भी प्रकार स्पष्ट नहीं होता।

(3) विस्थापन के लिए वेगनर ने जिन दो शक्तियों का प्रतिपादन किया है उसकी कई विद्वानों ने बड़ी आलोचना की है। महाद्वीपों के पश्चिम की ओर विस्थापन के लिए ज्वारीय शक्ति का सहारा लिया गया है। किन्तु महाद्वीपों का विस्थापन केवल ऐसी ज्वारीय शक्ति के द्वारा ही हो सकता है जो वर्तमान ज्वारीय शक्ति से 1,000 करोड़ गुनी अधिक हो। प्रथम तो यह नितान्त ही असम्भव है और यदि इसे सम्भव मान भी लिया जाय तो उससे पृथ्वी का परिभ्रमण बन्द हो जायगा।²

(4) वेगनर के अनुसार एक प्रवाह विषुवत रेखा की ओर हुआ। यदि यह सही है तो महाद्वीपों को विषुवत रेखा के समीप एकत्रित हो जाना चाहिए था, परन्तु ऐसा नहीं पाया जाता।

(5) कई विद्वान वेगनर के इस प्रतिपादन से अब सहमत नहीं हैं कि महाद्वीपों का विस्थापन केवल विषुवत रेखा एवं पश्चिम दिशा को ही हुआ। एफ० बी० टेलर (F. B. Taylor) ने दोनों ध्रुवों को विस्थापन का केन्द्र माना है। उसके अनुसार हिमालय, आल्प्स व राँकीज पर्वत-श्रेणियाँ तथा पूर्वी एवं पश्चिमी द्वीपसमूह सब ऐसे विस्थापन की ही बाह्य सीमाएँ हैं।

(6) जे० डब्ल्यू० इवान्स (J. W. Evans) ने अफ्रीका महाद्वीप को ही महाद्वीपों का केन्द्र माना है। उसके अनुसार पैन्जिया के विघटन के बाद महाद्वीपों का विस्थापन अफ्रीका से पूर्व, दक्षिण एवं पश्चिमी प्रशान्त महासागर की ओर हुआ।

(7) भू-गर्भशास्त्रियों का कहना है कि आलगतत्व (viscosity) के कारण महाद्वीपों का विस्थापन कदापि सम्भव नहीं है।

(8) वेगनर ने पश्चिमी विस्थापन के कारण राँकीज तथा एण्डीज पर्वत-श्रेणियों तथा विषुवतरेखीय विस्थापन से आल्प्स तथा हिमालय पर्वत-श्रेणियों की रचना मानी है। किन्तु विलिस (Willis) ने यह आपत्ति प्रस्तुत की है कि सियाल से सीमा अधिक दृढ़ है, किन्तु सियाल में शक्ति अधिक है। अतः पश्चिमी विस्थापन द्वारा राँकीज तथा एण्डीज का निर्माण कदापि सम्भव नहीं है। बोवी ने भी सीमा को शक्तिहीन माना है और बताया है कि सियाल का सीमा से टकराकर भंजित होना और वलित पर्वतों का रूप धारण करना यथार्थ प्रतीत नहीं होता। होम्स ने यद्यपि पश्चिमी विस्थापन के द्वारा राँकीज तथा एण्डीज के निर्माण की पुष्टि की है, किन्तु इसमें होम्स की मान्यता वेगनर से भिन्न है। होम्स इन पर्वतों की रचना सियाल के सीमा से टकराने से

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 169

² S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 40

नहीं मानता, अपितु सियाल के विस्थापन के समय विशद भू-अभिनति (Geosyncline) में एकत्रित तलछट के भिन्न जाने से ही उनकी रचना हुई है।¹

(9) वेगनर ने कार्बन कल्प के हिम प्रवाह के साथ-साथ उस काल की ग्लेसो पेट्रिस वनस्पति के वितरण का समाधान करने की भी चेष्टा की। उसके अनुसार यह वनस्पति दक्षिणी अमरीका, दक्षिणी अफ्रीका, फाकलैण्ड द्वीप, भारत, अण्टार्कटिका और आस्ट्रेलिया में पायी जाती है, क्योंकि ये ही स्थल-खण्ड गोडवाना लैण्ड का निर्माण करते थे। किन्तु लेक (Phillip Lake) ने नवीन खोजों के आधार पर यह सिद्ध किया है कि यह वनस्पति वेगनर द्वारा बताये गये स्थानों के अतिरिक्त कश्मीर, अफगानिस्तान, ईरान तथा साइबेरिया में भी पायी जाती है।² वेगनर का सिद्धान्त इससे असत्य सिद्ध हो जाता है।

(10) कुछ विद्वानों ने यह भी सुझाया है कि यदि वर्तमान वलित पर्वत-श्रेणियों को अपने मूल रूप में फैला दिया जाये तो महाद्वीपों का जो स्वरूप बनेगा, वह इस सिद्धान्त के अनुरूप नहीं होगा।

(11) कुछ आलोचकों का यह प्रश्न कि पैन्जिया का विघटन पुराजीव कल्प में ही क्यों हुआ? ऐसा उसके पूर्व अथवा बाद में क्यों नहीं हुआ?

(12) वेगनर ने इस सिद्धान्त की रचना मूलतः पूर्वकालीन जलवायु के विभेदों को स्पष्ट करने के लिए की थी। इस सिद्धान्त से यद्यपि पूर्वकालीन जलवायु के अनेक विभेद स्पष्ट हो जाते हैं, परन्तु समस्त भेद स्पष्ट नहीं किये जा सकते।

उपरोक्त आलोचना से यह स्पष्ट विदित होता है कि वेगनर का मत काल्पनिक अधिक है और उसमें वास्तविकता कम है। वेगनर द्वारा प्रतिपादित लगभग सभी बातों को असत्य सिद्ध किया जा सकता है। अतः महाद्वीपीय विस्थापन के सिद्धान्त को आज मूल रूप में कोई भी मानने को तैयार नहीं है, परन्तु फिर भी इसने जो नवीन दिशा-बोध दी है, उसके कारण भूगोल तथा भू-गर्भशास्त्र के क्षेत्र में इसका सदा-सदा के लिए महत्त्व बना रहेगा। जैसा कि स्टीयर्स ने कहा है, "Even if all the matter of his theory is wrong, geologists and other can but remember that it is largely to him that the new orientation of our outlook on world tectonics is due."

डेली का महाद्वीपीय सर्पण का सिद्धान्त (Daly's Theory of Sliding Continents)

डेली ने सन् 1926 में अपनी प्रसिद्ध पुस्तक *Our Mobile Earth* में धरातल के मुख्य रूपों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में अपने विचार प्रस्तुत किये। महाद्वीपीय सर्पण (sliding continent) उसके विचारों का केन्द्र-बिन्दु है। उसने अपने मत के प्रतिपादन में गुस्त्वाकर्षण शक्ति का आश्रय लिया जो ज्वारीय शक्ति, पुरस्सरण गति (precessional motion) तथा अन्य शक्तियों से सर्वथा भिन्न है। डेली के विचार बहुत ही सरल और सुलझे हुए हैं तथा समस्या के समाधान में एक नवीन दिशा प्रदान करते हैं।

डेली की मान्यता है कि प्राचीन समय में धरातल पर अनेक कठोर पिण्ड थे जो कि सामान्यतः विषुवत रेखा और ध्रुवों के निकट स्थित थे। इन तीनों कठोर भू-खण्डों के मध्य में महासागरीय भाग थे। उत्तरी गोलार्द्ध में टेथिस महासागर भू-गर्भिक काल के अधिकांश समय तक वर्तमान था। दक्षिणी गोलार्द्ध के विषय में बहुत कम ज्ञान है। स्थल भागों के अतिरिक्त संसार

¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 166

² *Ibid*, p. 173

हो जायगा और गुम्बद पर विशेष तनाव उत्पन्न होगा। फलस्वरूप गुम्बद के कुछ भाग खण्डित होकर भू-अभिनति की ओर खिसकने लगेंगे।

“If this is so, a great part of the support of the dome disappears and strong tentional movements must be set up in it, so that large blocks of continental dimensions, may be caused slowly to slide towards geosynclines.”¹

इस प्रकार भू-अभिनति में महाद्वीपीय खण्डों के फिसलने से उसके अवसाद पर भिँचाव उत्पन्न होगा जिससे अवसाद में मोड़ पड़ जायेंगे। कुछ अवसाद मुड़कर बाहर निकल आयगी। यही पर्वतों की रचना का श्रीगणेश होगा।

डेली ने अधःस्तर को गरम काँच की प्रकृति के समान बेसाल्ट से निर्मित माना है। ऐसा पदार्थ महाद्वीपीय खण्डों के फिसलने में नगण्य-सा अवरोध डालेगा। वस्तुतः अधःस्तर को फिसलन (slippery) वाला ही माना गया है। डेली के अनुसार अधःस्तर भू-पटल की अपेक्षा कम सघन है। अतः जब भू-अभिनति की तली टूट जायगी तो महाद्वीपीय खण्ड टूटकर भू-अभिनति में फिसल जायेंगे और अधःस्तर में डूब जायेंगे। महाद्वीपीय खण्ड के डूब जाने पर उनके आयतन के समान अधःस्तर का बेसाल्ट ऊपर आ जायगा। बेसाल्ट तत्त्व स्निग्ध होने के कारण फिसलन क्रिया के अनुकूल आचरण करेगा, क्योंकि भू-अभिनति का अवसाद बेसाल्ट से हल्का होगा जिससे वह उसमें तैरता रहेगा। इस प्रकार फिसलने की क्रिया जितनी अधिक होगी उनमें मोड़ पड़ने की क्रिया भी उतनी अधिक होगी।

समीक्षा

भू-पटल के अध्ययन से इस सिद्धान्त की सत्यता के अनेक प्रमाण ज्ञात होते हैं। जैसे .

(1) पृथ्वी के संकुचन के अतिरिक्त पृथ्वी की परिभ्रमण गति में कमी होना भी भूपटल के रूप को निर्धारित करने में योग देता है। डेली के सिद्धान्त को इस प्रमाण से अतिरिक्त बल प्राप्त होता है।

(2) धरातल की मुख्य पर्वत-श्रेणियों के वितरण की व्याख्या इस सिद्धान्त द्वारा सरलता से हो जाती है। आल्प्स एवं हिमालय पर्वत-श्रेणियाँ मध्य अक्षांशीय भू-अभिनति की ओर स्थल पिण्डों के फिसलन के कारण और प्रशान्त महासागर के चारों ओर की तटीय पर्वत-श्रेणियाँ स्थल पिण्डों के प्रशान्त महासागर की ओर फिसलन के कारण हुई है।²

(3) पर्वत-निर्माण का एक और तथ्य इस सिद्धान्त द्वारा प्रमाणित होता है। यदि भू-अभिनति के अवसाद सम्पीडित होते हैं और उसका कुछ भाग अधःस्तर में धकेल दिया जाता है तो उसके नीचे के भाग गरम होकर फैलेगे। फलस्वरूप सम्पीडित पदार्थ ऊपर उठेगा और इस तरह पर्वत-निर्माण की दूसरी महत्वपूर्ण क्रिया पूर्ण होगी। इसकी तुलना जोली की योजना से करना बड़ा ही रोचक है। पर्वतों के निकट धँसे पिण्डों पर वैसा ही प्रभाव होगा। अर्थात् पर्वतों की जड़ों के फैलने से ऊपरी सतह में उत्थान होगा। इससे मोड़दार (tilted) मैदानों की उत्पत्ति होती है जो प्रायः पर्वत-श्रेणियों के निकट पाये जाते हैं।³

(4) अन्ध महासागर, हिन्द महासागर एवं आर्कटिक महासागर में पूर्वकालीन तनाव के चिह्न मिलते हैं। इससे प्रकट होता है कि इन स्थानों पर गुम्बदाकार महाद्वीपीय खण्ड तनाव द्वारा खण्डित हुए थे। इसके विपरीत प्रशान्त महासागर में सम्पीडन के प्रमाण मिलते हैं। स्पष्ट है कि इस ओर महाद्वीपीय खण्डों का फिसलन हुआ है।

¹ *Ibid.*, p. 188

² *Ibid.*, p. 190

³ *Ibid.*, p. 190

(5) एशिया के पूर्वी तट पर स्थित द्वीपमालाओं की उत्पत्ति भू-अभिनति के अवसाद में मोड़ पड़ने से हुई है।¹

(6) द्वीपों के सम्मुख महासागरीय गर्त (ocean deeps) भू-अभिनति के तल में दबाव पड़ने एवं स्थल खण्डों के फिसलने के कारण बने हैं। ये अग्र गर्त (fore deep) पृथ्वी के पपड़े की शक्ति के कारण विद्यमान हैं।²

(7) विभिन्न महाद्वीपों में एकसमान जीव तथा वनस्पति के वितरण को सिद्ध करने के लिए इस सिद्धान्त के अनुसार स्थल सेतुओं (land bridges) की आवश्यकता नहीं है।

(8) इस सिद्धान्त के अनुसार पूर्व-काल में स्थल भाग अलग-अलग महाद्वीपों में विभाजित नहीं था। दक्षिणी गोलार्द्ध में गोण्डवाना एक स्थल-खण्ड था। इसी कारण कार्बन कल्प के हिमावरण के चिह्न दूरस्थ महाद्वीपों पर पाये जाते हैं। गोण्डवाना के कुछ भाग टूटकर अलग हुए होंगे।

(9) डेली ने प्रशान्त महासागर की रचना को अन्य महासागरों से भिन्न बताकर एक बड़ी समस्या का नवीन समाधान प्रस्तुत किया है।

(10) महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए डेली ने महाद्वीपों के वहन (drift) को अस्वीकार किया है। इसके विपरीत उसने बताया है कि किसी स्थान पर गुरुत्व बढ़ जाने से महाद्वीप खण्डित होते हैं। इस प्रकार खण्डित महाद्वीप के खण्डों के मध्य महासागर बने। अन्ध व हिन्द महासागर के तलों में उपस्थित हल्का सियाल पदार्थ सम्भवतः महाद्वीपीय फिसलन के अवशेष अंश ही है।

(11) डेली ने भू-पटल की विषमताओं की व्याख्या महाद्वीपीय फिसलाव से की है। जीन्स तथा जैफ्रे के अनुसार आकर्षण-शक्ति एवं परिभ्रमण के कारण भू-पटल को समतल होना चाहिए परन्तु वास्तव में भू-पटल विषम होता है। इस प्रकार जीन्स तथा जैफ्रे के सिद्धान्त की त्रुटियों का समाधान डेली के इस मत से हो जाता है।

आपत्तियाँ

(1) यह सिद्धान्त एक प्रकार से संकुचन (contraction) पर ही आधारित है, क्योंकि तनाव, भिचाव और फिसलन आदि क्रियाएँ संकुचन के ही विभिन्न रूप हैं। संकुचन पर आधारित होने से इस सिद्धान्त में भी वे सारे दोष हैं जो संकुचन सिद्धान्तों में पाये गये हैं।

(2) पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कम हो जाने से पृथ्वी के भू-पटल का जिस ढंग से विकास हुआ है उसको कही नहीं समझाया गया। भूकम्प-विज्ञान के प्रमाण डेली की परिकल्पना के विपरीत हैं।

(3) पैन्जिया और पेन्थालेसा की उपस्थिति एक कल्पना लगती है।

(4) डेली ने भू-पटल के विघटन के लिए जिन शक्तियों का आश्रय लिया उसने उनकी कोई व्याख्या नहीं की।

(5) भू-गर्भ की आन्तरिक संरचना के सम्बन्ध में डेली के विचार आधुनिक वैज्ञानिक धारणाओं से मेल नहीं खाते। डेली ने भू-पटल का घनत्व पृथ्वी के भीतरी बेसाल्ट से अधिक माना है जो आधुनिक भू-गर्भित विचार के बिल्कुल विपरीत है।

अन्त में स्टीयर्स के शब्दों में यही कहना उचित होगा कि "There much that is extremely speculative in this theory : Daly would not claim more for it. But it is highly suggestive. In the present state of our knowledge is practically

¹ Ibid., p. 191

² Ibid.

impossible to make any pertinent criticisms of his suggested Pangaea and Panthalasa, at best it can only be said that their existence is possible."

होम्स का संवहन धारा सिद्धान्त (Holm's Convection Current Theory)

भू-गर्भ में होने वाली रेडियोधर्मिता (radio-activity) के आधार पर होम्स ने सन् 1928-29 में एक नवीन मत का प्रतिपादन किया। यह मत संवहन धारा सिद्धान्त के नाम से प्रसिद्ध है। भू-पटल के प्रमुख भू-आकारों की उत्पत्ति को स्पष्ट करने वाले मतों में होम्स का मत बड़ा ही तर्कपूर्ण और नवीनतम है।

होम्स के विचार भू-पटल की शैलों में पाये जाने वाले रेडियोधर्मी पदार्थों पर आधारित है। रेडियोधर्मी तत्त्व स्वतः विखण्डित होकर भू-गर्भ में ताप उत्पन्न करते हैं। इन तत्त्वों में यूरेनियम, थोरियम और पोटैशियम का महत्वपूर्ण स्थान है। ये तत्त्व पृथ्वी के अधःस्तर की अपेक्षा भू-पटल में अधिक पाये जाते हैं। होम्स के अनुसार भू-पटल की रचना दो परतों से हुई है, ऊपरी सियाल परत तथा निचली सियाल परत। इन दोनों परतों के नीचे अधःस्तर (substratum) है जो द्रवित अवस्था में है। महासागरों की तली में सियाल की ऊपरी परत कहीं नहीं पायी जाती। अन्ध महासागर एवं हिन्द महासागर की तली में यत्र-तत्र कहीं ऊपरी सियाल के चिह्न दृष्टिगोचर होते हैं। सियाल की निचली परत तथा अधःस्तर होम्स के अनुसार महाद्वीप और महासागरों के नीचे समान रूप से फैले हुए हैं।¹

होम्स की मान्यता है कि भू-गर्भ में रेडियोधर्मिता के कारण इतना ताप विकसित होता है कि उसके फलस्वरूप अधःस्तर में संवहन धाराएँ चलने लगती हैं। यही होम्स के सिद्धान्त का केन्द्र-बिन्दु है। सामान्यतः पृथ्वी की ऊपरी सियाल परत से प्रतिवर्ष 60 किलोमीटर ताप प्रति वर्ष सेण्टीमीटर विकीर्ण होकर शून्य में नष्ट होता रहता है। शून्य में नष्ट होने वाले इस ताप की मात्रा 14 किलोमीटर मोटी ग्रेनाइट परत, 16.5 किलोमीटर मोटी ग्रेनोडोराइट परत, 52 किलोमीटर मोटी बेसाल्ट या ग्रेबो परत तथा 60 किलोमीटर मोटी पीरिडोटाइट परत के द्वारा उत्पन्न रेडियोधर्मी ताप के बराबर होती है।² चूँकि रेडियोधर्मी पदार्थ पृथ्वी के भू-पटल के समीप अधिक केन्द्रित हैं, अतः भू-पटल से नष्ट होने वाले ताप की क्षतिपूर्ति 60 किलोमीटर मोटी धरातलीय परत के द्वारा हो सकती है।³ जैफ्रे ने बताया है कि यदि पृथ्वी के भीतर 2900 किलोमीटर की गहराई तक रेडियोधर्मी पदार्थ समान रूप से वितरित हो तो 50 किलोमीटर के नीचे का भाग कदापि ठोस नहीं हो सकेगा। होम्स की धारणा है कि पृथ्वी के अधःस्तर में भी अल्प मात्रा में रेडियोधर्मी पदार्थ उपस्थित हैं। यदि इनकी मात्रा बेसाल्ट की 1/700वाँ भाग भी हो तब भी अधःस्तर में संवहन धाराएँ उत्पन्न हो जायेगी। दूसरे शब्दों में, भू-पटल से नष्ट होने वाले ताप की मात्रा अधःस्तर में उत्पन्न ताप की मात्रा से कम होगी जिससे अधःस्तर में ताप का संचय होने लगेगा। यदि ये सब मान्यताएँ सत्य हैं तो धरातल पर कुछ ऐसी हलचल होनी चाहिए ताकि अतिरिक्त ताप धरातल से नष्ट हो जाये, अन्यथा पृथ्वी के ऊपर किसी भी समय महाविनाश हो जायगा।

भू-पटल में अधिक काल तक ताप के संचय से तापमान की प्रवणता (Temperature gradient) में वृद्धि होगी। भू-पटल के ऊपर तब तक स्थिर अवस्था बनी रहेगी जब तक कि

¹ *Ibid.*, p. 193

² *Ibid.*

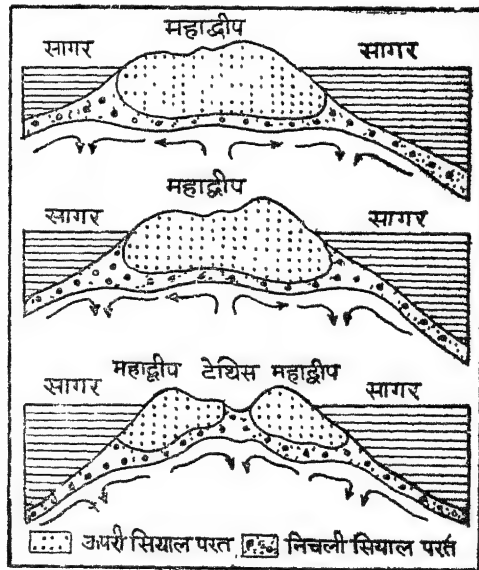
³ *Ibid.*

तापमान की प्रवणता 3° सें० प्रति किलोमीटर से बढ नहीं जाती। जब तापमान की प्रवणता इस सीमा से अधिक हो जायगी तो अधःस्तर में संवहन धाराएँ चलनी प्रारम्भ हो जायेगी। ये धाराएँ नीचे से ऊपर को चलेगी। इन संवहन धाराओं का प्रवाह निम्न दो बातों पर आधारित होगा—(1) भूमध्य रेखा से ध्रुवों तक अधःस्तर की विभिन्न मोटाई, (2) भू-पटल की विभिन्न मोटाई और उसमें रेडियोधर्मी पदार्थों की मात्रा।

हमारी पृथ्वी ध्रुवों पर चपटी है। अतः ध्रुवों की अपेक्षा विषुवतरेखीय भाग में भू-पटल अधिक मोटा है। फलस्वरूप संवहन धाराएँ यहाँ नीचे से ऊपर को तथा ध्रुवों पर ऊपर से नीचे को चलेंगी। विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर चलने वाली संवहन धाराएँ अपने साथ भू-पटल को भी बहा ले जायेंगी। चूँकि निचली धाराओं की अपेक्षाकृत ऊपरी धाराओं की गति मन्द होती है, इसलिए ऊपरी भाग में दरारें पड़ जायेंगी। मेसोजोइक कल्प में 'टेथिस' की उत्पत्ति सम्भवतः मूल विषुवतरेखीय महाद्वीप के संवहन धाराओं द्वारा दो भागों में विभाजित हो जाने से ही हुई होगी। "The Tethys is regarded as being due to a force tending to pull the original equatorial continents apart, and that force may be the 'planetary, convective currents.'"¹

महाद्वीपीय भागों के नीचे महासागरों की तली की अपेक्षाकृत रेडियोधर्मी ताप अधिक होगा। अतः महाद्वीपों के नीचे संवहन धाराओं का आविर्भाव हो जायगा। ये धाराएँ नीचे से ऊपर को उठेंगी तथा महासागरों की ओर अग्रसर होंगी। महासागरों के नीचे भी इसी प्रकार निर्बल संवहन धाराएँ उत्पन्न होंगी, जो महासागरों के तटों की ओर गतिशील होंगी। महाद्वीपों के नीचे से तथा महासागरों के नीचे से आने वाली धाराएँ महाद्वीपीय मग्नतट के नीचे परस्पर मिलकर ऊपर से नीचे को चलेगी। इस प्रकार संवहन धाराओं में जटिलता बढ़ती जायगी और उनकी उत्पत्ति एक से अधिक स्थानों पर सम्भव हो सकेगी। संवहन धाराओं का इस प्रकार विश्वव्यापी क्रम (Planetary convective currents) स्थापित हो जायगा।

महाद्वीपीय मग्नतटों के समीप जहाँ दो भिन्न दिशाओं (महाद्वीपों एवं महासागरों) से आने वाली संवहन धाराएँ परस्पर मिलती हैं, वहाँ अत्यधिक भिचाव उत्पन्न हो जायगा। इस भिचाव से एम्फीबोलाइट (Amphibolite) परत की मोटाई बढ़ती जायगी। फलस्वरूप दबाव में वृद्धि होगी जिससे चट्टानें कायान्तरित होकर अधिक घनत्व (3 से 3.4) की हो जायेंगी। ग्रेनाइट चट्टानें अधिक घनत्व वाली इक्लोगाइट (Eclogite) में परिणत हो जायेंगी। भू-सन्तुलन के नियमानुसार इस प्रक्रिया से अवतलन (subsidence) होगा, जिससे नीचे की ओर चलने वाली धाराएँ और भी तीव्र हो

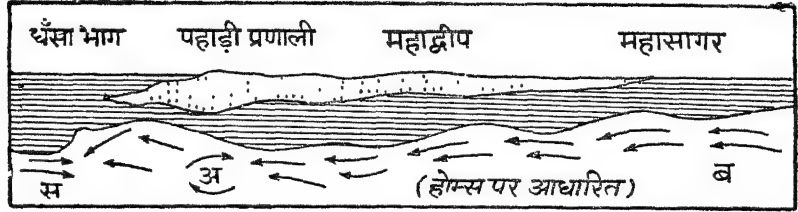


चित्र 68—संवहन धाराओं का प्रवाह

1 J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 194

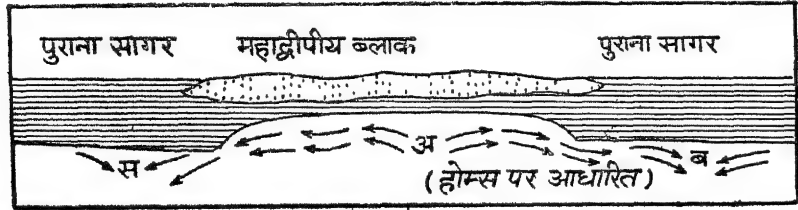
जायेंगी। महाद्वीपों के नीचे से चलने वाली धाराएँ महाद्वीपों के सीमावर्ती भागों में सियाल का उत्तरोत्तर निक्षेप करती जायेंगी। इस प्रकार पर्वत-निर्माण का कार्य प्रारम्भ हो जायगा। किन्तु पर्वतों के मूल (mountain roots) का घनत्व अधःस्तर से कम होगा इसलिए वे उसमें डूब नहीं सकेंगे और स्वयं द्रव की अवस्था में परिवर्तित होकर सम्भवतः प्रशान्त महासागर के चारों ओर होने वाली ज्वालामुखी क्रिया के समान आग्नेय क्रिया को जन्म देंगे। इस प्रकार पर्वतों का निर्माण चट्टानों के प्रवाह द्वारा होता है। होम्स के शब्दों में, "Mountain-building occurs as a result of rock-flowage set in operation by the underlying current, it will generally occur provided that the horizontal component of flowage is greater from behind than in front."¹

महाद्वीपों के नीचे-ऊपर उठने वाली धाराएँ एक-दूसरे से पृथक होगी, वहाँ भारी उथल-पुथल होगी। महाद्वीप के दो भाग एक-दूसरे के विपरीत दिशा में बह जायेंगे। इस प्रकार महाद्वीप

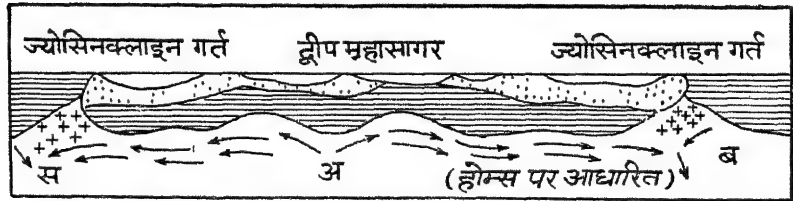


चित्र 69—संवहन धाराओं की उत्पत्ति

क्रमशः पतले होकर खण्डित हो जायेंगे, जिससे अधःस्तर में एकत्रित ताप बाहर निकल जायगा। खण्डित स्थान पर भू-अभिनति (Geo-syncline) की दशा उत्पन्न होगी। इस भू-अभिनति में महाद्वीप के खण्डित भागों की तलछट का निक्षेप होने लगेगा। तलछट के उत्तरोत्तर निक्षेप से अवतलन होगा। संवाहन धाराओं का प्रवाह महाद्वीपों में महासागरों की ओर तथा महासागरों



चित्र 70—संवाहन धाराओं का महाद्वीपों से सम्बन्ध



चित्र 71—संवाहन धाराओं का महासागरों से सम्बन्ध

से महाद्वीपों की ओर होने के कारण भू-अभिनति पर धरातलीय दबाव पड़ेगा जिससे उसमें एकत्रित तलछट मुड़कर पर्वतों का निर्माण करेगी।

¹ Ibid. : p. 196

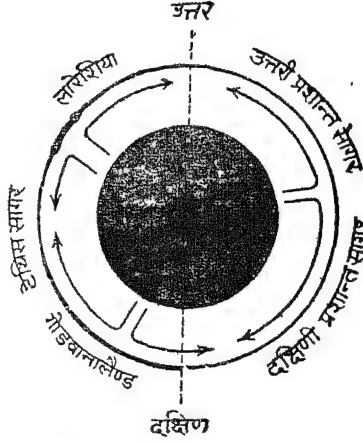
इस प्रकार पर्वत-निर्माण हो जाने के पश्चात पर्वतों की जड़ें नीचे अधःस्तर में धँसेंगी जिससे तापमान की प्रवणता बढ़ जायेगी। फलस्वरूप महाद्वीप के किनारों की ओर ताप का संचालन तीव्र गति से होगा। इस प्रकार महाद्वीपों के तटवर्ती भाग आगे की ओर खिंच जायेंगे और पतले हो जायेंगे। कालान्तर में महाद्वीपों के ये पर्वती भाग धाराओं की गति से अवतलित होकर पूर्णतः लुप्त हो जायेंगे।

धाराओं द्वारा बाहर की ओर तापमान संचालन के तीव्र हो जाने पर इक्लोगाइट का निर्माण बन्द हो जायगा। जब इक्लोगाइट का निर्माण नहीं होगा तो अवतलन की क्रिया भी समाप्त हो जायगी। फलस्वरूप भू-अभिनति ऊपर उठ जायगा अथवा समाप्त हो जायगा और उसमें निर्मित मोड़ों का भी उत्थान हो जायगा। इक्लोगाइट का निर्माण समाप्त हो जाने पर तापमान की प्रवणता घट जायगी जिससे धाराओं की गति पुनः कम हो जायगी। पर्वतों के मूल के नीचे एक लघु तरंग-क्रम का आविर्भाव होगा। साथ ही साथ महासागरों की बनी नवीन तली के शीतल होने से इसके नीचे-ऊपर उठने वाली धाराएँ भी क्षीण हो चलेगी। इस प्रकार संवहन धाराओं का आदि-क्रम समाप्त हो जायगा। इसके स्थान पर एक नवीन तरंग-क्रम का जन्म होगा जो नवीन परिस्थितियों के अनुकूल स्थापित हो जायगा। यह सब हो जाने के उपरान्त महाद्वीप पुनः एक-दूसरे के निकट लाये जा सकते हैं। इस सिद्धान्त के अनुसार टेथिस महासागर की उत्पत्ति संवहन धाराओं द्वारा मूल विषुवतरेखीय स्थल-खण्ड के खण्डित हो जाने के कारण हुई। इस स्थल-खण्ड के टूटने पर अफ्रीका और यूरोप दो अलग महाद्वीप बने। कालान्तर में इन दोनों महाद्वीपों के नीचे दो भिन्न तरंग-क्रमों का जन्म हुआ जिसके कारण ये दोनों महाद्वीप पुनः निकट आने लगे। इन दोनों के निकट आने से टेथिस भू-अभिनति पर भिचाव पड़ा जिससे आल्प्स तथा हिमालय पर्वतों की रचना हुई।¹

होम्स ने महाद्वीपीय वहन में विश्वास करते हुए इस विचार को दूसरे शब्दों में प्रस्तुत किया है। अन्य विचारकों के विपरीत होम्स ने महाद्वीपीय वहन का कारण संवहन धाराओं को माना है। होम्स का पूर्ण विश्वास है कि महाद्वीपीय वहन के बिना कुछ समस्याओं का समाधान कदापि सम्भव नहीं है।

आलोचना

(1) होम्स के अनुसार पुराजीव महाकल्प (Paleozoic Age) के अन्त में भू-पटल पर लॉरेंशिया तथा गोंडवाना नामक दो स्थल-खण्ड थे। इनके मध्य में टेथिस महासागर था। शेष भू-पटल पर प्रशान्त महासागर विस्तृत था। दोनों स्थल-खण्डों के नीचे संवहन धाराओं का क्रम प्रारम्भ हुआ जिनकी गतिशीलता टेथिस और प्रशान्त महासागर की ओर थी। इन संवहन धाराओं के कारण ही स्थल-खण्ड उत्तर की ओर खिँसे तथा जल-खण्ड दक्षिण की ओर (दक्षिणी गोलार्द्ध में जल की ही अधिकता है)।



चित्र 72—होम्स के अनुसार
महाद्वीपों की स्थिति

¹ Ibid., p. 198

(2) इस समय दक्षिणी ध्रुव वर्तमान नेटाल के समीप था। इसी कारण कार्बन युग में हुए हिम-प्रवाह के चिह्न दक्षिणी गोलार्द्ध के लगभग सभी स्थल भागों में पाये जाते हैं।

(3) गोण्डवाना स्थल-खण्ड के विघटन से हिन्द महासागर बना। भारत का प्रायद्वीप उत्तर की ओर तथा आस्ट्रेलिया और अण्टार्कटिका दक्षिण की ओर खिसके।

(4) लॉरेशिया के खण्डित होने से अन्ध महासागर की उत्पत्ति हुई और स्थल के वहन से राँकीज पर्वत-क्रम तथा पश्चिमी द्वीपसमूह का आविर्भाव हुआ।

(5) हिमालय तथा एण्डीज का उत्थान भी गोण्डवाना स्थल-खण्ड के टेथिस और प्रशान्त की ओर प्रवाहित होने से हुआ। इनका उत्थान आज भी जारी है।

इस प्रकार होम्स ने महाद्वीप और महासागरों की उत्पत्ति तथा पर्वतों की रचना के सभी तथ्यों को संवहन धाराओं के द्वारा स्पष्ट करने का प्रयास किया है। किन्तु फिर भी इस सिद्धान्त को ज्यों का त्यों मान लेने में विद्वानों ने कई आपत्तियाँ प्रस्तुत की हैं।

आपत्तियाँ

(1) गोण्डवाना स्थल-खण्ड में पायी जाने वाली ग्लोसोपेट्रिस (*Glossopetris*) वनस्पति अफ़ग़ानिस्तान तथा साइबेरिया में पायी गयी है। इसके वितरण का इस सिद्धान्त के आधार पर प्रमाणित कर सकना कठिन है।¹

(2) होम्स ने भू-पटल के अनेक भू-आकारों जैसे भू-अभिनति, मध्य पिण्ड तथा भ्रंश-घाटियों के निर्माण को संवहन धाराओं के द्वारा स्पष्ट करने की चेष्टा की है, किन्तु यह निर्विवाद है कि उसके कुछ सुझाव बहुत ही सत्य हैं।²

(3) यद्यपि यह सिद्धान्त बहुत ही रोचक है, किन्तु यह ऐसी बातों पर आधारित है जिसके बारे में बहुत कम ज्ञान प्राप्त है।

(4) होम्स का सिद्धान्त संवहन धाराओं पर आधारित है, किन्तु अभी भी अधःस्तर में इनकी उपस्थिति के बारे में निश्चयपूर्वक कुछ नहीं कहा जा सकता है।³

(5) यदि अधःस्तर में इनकी उपस्थिति मान भी ली जाय तो क्या धाराएँ इतनी प्रबल हैं कि वे महाद्वीपों को खण्डित करके बहा सकें।

उपरोक्त आपत्तियों को देखते हुए इस सिद्धान्त को स्वीकार कर सकना कठिन है। फिर भी अन्य सिद्धान्तों की अपेक्षा यह अधिक पूर्ण है। इसकी सबसे बड़ी विशेषता को स्टीयर्स ने इंगित किया है : "The attractiveness of the theory lies in the almost unlimited movements which are made possible by it."⁴

महासागरीय द्रोणियों का स्थायित्व (Permanency of Ocean Basins)

भू-पटल के प्रारम्भिक स्थल रूप—महाद्वीप और महासागर—क्या आदि अवस्था से अपनी वर्तमान स्थिति में रहे हैं ? उन्नीसवीं शताब्दी के मध्य तक लोगों की आम धारणा इसके पक्ष में ही रही। लोगों का यह विश्वास था कि जब सर्वप्रथम पृथ्वी के स्थायी भू-पटल का निर्माण हुआ तो वह विशाल ऊँचाइयों और अतल गहराइयों के रूप में विभक्त हो गया। उस समय के वायुमण्डल में विद्यमान वाष्प सघन होकर धरातल की अतल गहराइयों को जल में

1 *Ibid* : p. 200

2 *Ibid* : p. 120

3 *Ibid*

4 *Ibid*

प्लावित करने लगी, जो बाद में महासागरों के रूप में सामने आये। उसी समय में ये महासागर पृथ्वी की आवर्तन की धुरी की दृष्टि से (with respect to the earth's axis of rotation) आज भी अपनी उसी प्राचीन जगह को घेरे हुए हैं।

उपरोक्त धारणा के अनुसार यह सोच लेना गलत होगा कि पृथ्वी के भू-पटल पर जल और थल का वितरण और उनका आकार सदा से वही रहा है जो आज हमें दिखाई देता है, क्योंकि यह सबको विदित है कि स्थल के बहुत-से भाग ऐसी चट्टानों—चूने की चट्टानें (lime stone), बालू का प्रस्तर (sand stone) और पंक-निर्मित चट्टानें (mud stone) आदि से बने हुए हैं जो अवसादी चट्टानें कहलाती हैं और जिनका निर्माण समुद्र के छिछले भागों में तलछट के निक्षेप के कारण हुआ है। फिर कुछ अवसादी चट्टानों में ऐसे जन्तुओं के अवशेष पाये जाते हैं जो स्पष्ट ही अपने स्वभाव में समुद्री रहे हैं। अतः ऐसी सब चट्टानें अवश्य ही समुद्र की तली में बिछी होंगी। आज अवसादी चट्टानों के विस्तृत क्षेत्र सभी महाद्वीपों के ऊपर फैले हुए हैं। यही नहीं, वे गिरि पदों और गिरि शिखरों पर भी समान रूप से पायी जाती हैं। अतः यह स्पष्ट है कि बहुत सारे प्रदेश जो शुष्क भूमि रहे हैं और हैं, विगत काल में कभी न कभी अवश्य ही समुद्र के अंक में सोये रहे होंगे।

अतीत में कई बार समुद्र का स्थल पर अतिक्रमण हुआ था। भू-गर्भिक इतिहास से विदित होता है कि उत्तरी अमरीका का बहुत-सा भाग क्रिटेशस युग (Cretaceous Period) में समुद्र का केन्द्र-स्थल रहा। इन ममस्त परिवर्तनों के बाद भी महासागरों के अथाह गहरे नितल (deep ocean beds) सदा ही समुद्र के अंग रहे हैं अर्थात् पृथ्वी के विशाल निम्न प्रदेश (regions of earth depression) रहे हैं। इसके विपरीत महाद्वीपीय भू-खण्ड कभी भी समुद्र द्वारा पददलित नहीं हुए। उपरोक्त तथ्यों के आधार पर भू-गर्भवेत्ता इस निष्कर्ष पर पहुँचे हैं कि महासागरीय द्रोणियों की तुलना में महाद्वीपीय भू-खण्ड सदा से पृथ्वी के उच्च भू-भाग रहे हैं। महाद्वीपीय मग्नतट सदैव से अस्थायी प्रदेश रहा है। कभी वह समुद्र के तले के रूप में और कभी शुष्क भूमि के रूप में बदलता रहा। इस प्रकार जल और स्थल की सही रूपरेखा और आकार में बड़े-बड़े परिवर्तन होते रहे हैं, किन्तु जहाँ तक धरातल के प्रमुख भू-आकारों—महाद्वीपों और महासागरों—का प्रश्न है वे आज भी अपने मूल स्थान पर स्थित हैं।

महाद्वीपीय और महासागरीय द्रोणियों के स्थायित्व का प्रतिपादन सर्वप्रथम 1846 में डाना (Dana) नामक भू-गर्भशास्त्री ने किया था। उसने बताया कि महाद्वीपों और महासागरों में स्थानान्तरण कभी नहीं हुआ। पृथ्वी के इन प्रधान स्थल रूपों का विन्यास सदा स्थायी रहा है। जिन प्रमाणों से महासागरीय द्रोणियों के स्थायित्व का समर्थन होता है, उनमें कुछ इस प्रकार हैं :

(1) महासागरीय द्रोणियों में मूलतः पेट्रोपोड, ग्लोबीजरीना, डाइटम और रेडियोलेरियन पंक (oozer) एवं लाल मृत्तिका (red clay) के निक्षेप मिलते हैं। किन्तु भू-पटल पर ऐसी कोई अवसादी चट्टानें नहीं पायी जाती जो इन पकों (oozer) और मृत्तिकाओं से बनी हुई हों। धरातल पर ऐसी चट्टानों का चिह्न भी देखने को नहीं मिलता। अतः यह स्पष्ट कहा जा सकता है कि महासागरीय द्रोणियाँ भू-गर्भिक कालों के बीच कभी भी शुष्क स्थल नहीं रही।

(2) प्रायः सभी महाद्वीपों में प्राचीन कठोर भूमि (shield lands or nuclear regions) विद्यमान देखी जाती हैं। उदाहरणतः, उत्तरी अमरीका, ब्राजील, साइबेरिया, अफ्रीका और आस्ट्रेलिया सभी महाद्वीपों में ऐसी भूमि है। ये भू-पृष्ठ के ऐसे प्रदेश हैं जो बहुत अधिक कठोर हैं और जिनके ऊपर पर्वत-निर्माणकारी शक्तियों—जिनसे पृथ्वी के कमजोर भागों में अधिकतर पर्वतों का निर्माण हुआ है—का कोई प्रभाव नहीं हुआ। अतः भू-पृष्ठ के ये कठोर भू-भाग ऐसे चिह्न हैं जो यह सिद्ध करते हैं कि ये प्रदेश अपने स्थान पर स्थिर रहते हैं।

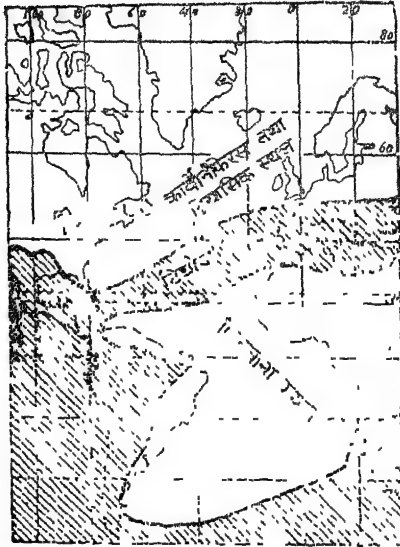
(3) यदि हम जल और स्थल के पूर्व वितरण और बनावट को देखे तो यह ज्ञात होगा कि पहले पृथ्वी के ऊपर जल की मात्रा आज की तुलना में काफी कम थी।

(4) पूर्व-काल में गम्भीरसागरीय मैदानों (deep sea plain) के उन्मज्जन से महाद्वीप कभी नहीं बने। जब कभी नवीन द्वीप अस्तित्व में आये हैं, तो वे उथले महाद्वीपीय मग्नतट के ऊपर ही बने।

(5) समुद्रों में ज्वालामुखी उद्गार के समय पैठिक लावा (Basic lava) अर्थात् बेसाल्ट चट्टानों से निर्मित लावा ही अधिक मिलता है। भूकम्प की लहरों के प्रमाण तथा आकर्षण-शक्ति के निरीक्षणों से भी यह प्रकट होता है कि महासागरों की तली भारी बेसाल्ट चट्टानों से बनी है। महाद्वीपीय चट्टानें इनकी तुलना में हल्की हैं। ऐसी दशा में यदि महासागरों की तली महाद्वीप का भाग बनाती है तो उसमें भारी रासायनिक और भौतिक परिवर्तन अवश्य होंगे।

(6) सन्तुलन सिद्धान्त के अनुसार हल्के महाद्वीपीय भागों का भारी सीमा के नीचे डूबना भौतिक रूप से असम्भव लगता है।

उपरोक्त प्रमाणों के आधार पर भू-गर्भशास्त्रियों को यह विश्वास हो गया था कि महा-



चित्र 73—महाद्वीपों के बीच स्थल सेतु

अमरीका के अन्य भागों में उसके जीवाश्म (fossils) प्राप्त हुए हैं। इसके विपरीत उत्तरी गोलार्द्ध में इस जीव के कोई चिह्न नहीं मिलते। इन्हीं तथ्यों से प्रभावित होकर तथा महाद्वीपीय वहन की आलोचना के समाधान हेतु ग्रेगरी (J. W. Gregory) ने सन् 1929 में महाद्वीपों के बीच स्थल सेतुओं (Land bridges) की उपस्थिति का सुझाव रखा। उसने नयी और पुरानी दुनिया में वनस्पति और जीव-जन्तुओं के वितरण की व्याख्या हेतु कई स्थल सेतुओं पर विस्तार से विचार किया। उसने उत्तरी तथा दक्षिणी अन्ध महासागर की उत्पत्ति स्थल सेतुओं के अवतलन द्वारा ही मानी है।

प्रमाण

(1) उत्तरी-पश्चिमी यूरोप में भ्रंशन तथा अवतलन के प्रमाण मिलते हैं। आइसलैण्ड तथा स्कॉटलैण्ड में लावा प्रवाह भ्रंशन और अवतलन का ही परिणाम है। अन्ध महासागर

सागरीय द्रोणियाँ निश्चय ही स्थायी रही हैं। परन्तु 19वीं शताब्दी के उत्तरार्द्ध में महासागरीय द्रोणियों के स्थायित्व के सम्बन्ध में भू-गर्भशास्त्रियों एवं प्राणिकीविदों (Biologists) का विश्वास जाता रहा। उस समय प्राकृतिक चुनाव (natural selection) द्वारा जीवन विकास (organic evolution) का सिद्धान्त मान्य हो चुका था। अतएव जीव-जन्तुओं (organisms) के भौगोलिक वितरण का संसारव्यापी अध्ययन किया गया। इस अध्ययन के फलस्वरूप कई ऐसे तथ्य सामने आये जिनको कि महासागरों के स्थायी होने के सिद्धान्त पर स्पष्ट नहीं किया जा सकता था। उदाहरणतः अन्धे सर्प और कुछ विशेष जाति की तितलियाँ केवल दक्षिणी महाद्वीपों में ही पायी जाती हैं। इसी प्रकार आस्ट्रेलिया का थैली वाला विशेष जीव (कंगारू)

चिली में जीवित अवस्था में पाया गया तथा दक्षिणी

के मध्य-पूर्वी भाग में स्थित ज्वालामुखी द्वीप तथा पश्चिम अफ्रीका के ज्वालामुखी भी भ्रंशन के कारण ही बने हैं।¹

(2) दक्षिणी अन्ध महासागर के द्वीप, जैसे सेण्टपाल तथा फॉकलैण्ड, भी एक बड़े विस्तृत स्थल भाग के अवशेष ही हैं। सम्भवतः इस स्थल भाग का मेसोजोइक कल्प में अवतलन हुआ।²

(3) डा० मीनेज (Dr. Meinesz) की खोजों के आधार पर यह ज्ञात हुआ है कि सभी महासागरों के तल एक समान भारी पदार्थों से नहीं बने हुए हैं। जहाँ-तहाँ हल्के पदार्थ भी पाये जाते हैं। ये कम घनत्व के हल्के पदार्थ (चट्टानों) स्थल सेतुओं के अवतलन के कारण ही महासागरीय तलों में पहुँचे हैं।

(4) प्रशान्त महासागर के कई द्वीपों में रायोलाइट तथा ट्रेचीलाइट जैसी ज्वालामुखी चट्टानें पायी जाती हैं। इससे प्रकट होता है कि प्रशान्त महासागर का सम्पूर्ण तल बेसाल्ट द्वारा निर्मित नहीं है।

(5) प्रशान्त महासागर के अनेक प्रवाल द्वीप अवतलन के कारण ही बने हैं। डार्विन तथा डेविस ने अवतलन का पूर्ण समर्थन किया। इसमें यह निष्कर्ष निकाला गया है कि प्रशान्त महासागर में पहले स्थल भाग विद्यमान था, जिसका बाद में बड़े पैमाने पर अवतलन हुआ है।

आपत्तियाँ

(1) प्रशान्त महासागर के पूर्वी और पश्चिमी किनारे पर खड़े ढाल पाये जाते हैं। इससे सिद्ध होता है कि प्रशान्त महासागरीय तल स्थायी रहा है।

(2) ग्रेगरी का विचार इसलिए भी भ्रामक प्रतीत होता है कि हल्के पदार्थों से निर्मित स्थल सेतु अधिक घनत्व के अधः स्तर में कदापि नहीं डूब सकते।

(3) स्थल सेतुओं द्वारा दूर-दूर स्थित देशों का हिमालयों द्वारा एक साथ प्रभावित होना भी स्पष्ट नहीं किया जा सकता।

(4) यह भी विचारणीय है कि इस प्रकार के स्थल सेतु पृथ्वी के सन्तुलन को बिगाड़कर किस प्रकार महासागरों की भारी तली पर स्थित रह सकते हैं।

आधुनिक गवेषणाओं के आधार पर अब यह विचार पक्का होता जा रहा है कि महाद्वीप और महासागर सदा से उसी जगह स्थायी नहीं हैं, अपितु उनका वहन हुआ है। आजकल महाद्वीप और महासागरों के वितरण को वहन के आधार पर ही स्पष्ट करने का प्रयत्न किया जा रहा है।

महाद्वीप वहन के सम्बन्ध में नवीन परिकल्पनाएँ

वेगनर के महाद्वीपीय वहन के सिद्धान्त की कठोर आलोचनाओं के बावजूद आज भी कई वैज्ञानिक उसमें विश्वास करते हैं। उनकी मान्यता यह है कि महाद्वीपीय वहन को स्वीकार किये बिना अनेक समस्याओं का उचित समाधान प्राप्त करना सम्भव नहीं है। अतः महाद्वीपीय वहन को सिद्ध करने के लिए कुछ नवीन तथ्यों की खोजकर उन्होंने नयी परिकल्पनाओं को स्थिर किया है जो निम्न हैं :

विचलित चुम्बकत्व की परिकल्पना—इस परिकल्पना के प्रतिपादक इम्पीरियल कॉलेज, लन्दन में भौतिकशास्त्र के विद्वान प्रोफेसर ब्लैकेट (Prof. Blackett) हैं। उन्होंने अपना मत स्थिर करते हुए बताया है कि जिस समय पृथ्वी पर चट्टानों की रचना हुई, प्रारम्भ में उस समय

¹ *Ibid.*, p. 175

² *Ibid.*

पदार्थ की अवस्था तरल होगी। इस तरल पदार्थ में लोहा-ऑक्साइड के चुम्बकीय कण भी होंगे जो किसी भी दिशा को आकर्षित हो सकते हैं। चट्टानों के ठोस बनने के पूर्व इन कणों का झुकाव उत्तर दिशा में चुम्बकीय ध्रुव की ओर होगा, क्योंकि वहाँ चुम्बकीय आकर्षण विद्यमान है। इस प्रकार प्राचीन चट्टानों के चुम्बकीय आकर्षण के अध्ययन द्वारा एक स्थान की चट्टानों के ठोस होने का समय तथा उनका अक्षांश व देशान्तर मालूम किया जा सकता है। इसी आधार पर ब्लैकट ने ससार की प्राचीन चट्टानों का अध्ययन कर उनके चुम्बकीय आकर्षण को नापा। इन शैलों के अध्ययन से विदित हुआ कि ये शैले स्वतन्त्रतापूर्वक लटकने पर उस दिशा में नहीं रुकती जिस दिशा में आजकल की शैले रुकती है। दूसरे शब्दों में, इन प्राचीन शैलों का चुम्बकत्व भिन्न है। इस अध्ययन के आधार पर ब्लैकट ने यह निष्कर्ष निकाला कि चुम्बकीय आकर्षण की दिशा विभिन्न समयों में भिन्न-भिन्न रही है। ऐसा प्रतीत होता है कि चुम्बकीय ध्रुव समय के साथ-साथ अपने स्थान से हटता रहता है। चूँकि चुम्बकीय ध्रुव सदैव भौगोलिक ध्रुव के निकट ही रहता है, इसलिए चुम्बकीय ध्रुव के साथ-साथ भौगोलिक ध्रुव भी अपने स्थान से हटता रहता है। शैलों के चुम्बकत्व के विचलित होने के आधार पर यह बताया जा सकता है कि भौगोलिक ध्रुव उस समय कहाँ स्थित था। ब्लैकट ने भौगोलिक ध्रुवों के विस्थापन (Displacement) का अध्ययन करके यह स्पष्ट किया कि महाद्वीप सदैव अपने स्थान पर स्थिर नहीं रहे, अपितु समय के साथ-साथ सरकते रहे हैं। इस प्रकार ब्लैकट महोदय ने महाद्वीपीय वहन का नवीन प्रमाण प्रस्तुत किया।

ब्लैकट ने अपने अध्ययन के आधार पर यह बताया कि लगभग 20 करोड़ वर्ष से उत्तरी अमरीका, यूरोप, अफ्रीका एवं भारत आदि बराबर उत्तर की ओर खिसक रहे हैं। अनुमान है कि 30 करोड़ वर्ष पूर्व यूरोप भूमध्य रेखा के निकट और भारत विपुलत रेखा के दक्षिण में स्थित था। 40 करोड़ वर्ष पूर्व आस्ट्रेलिया भूमध्य रेखा में दक्षिण की ओर खिसक रहा था किन्तु पिछले 20 करोड़ वर्षों से यह पुनः उत्तर की ओर सरकने लगा।

प्राचीन जलवायु-विज्ञान के तथ्यों द्वारा ब्लैकट के अध्ययन की पुष्टि होती है। इस प्रकार 20 करोड़ वर्ष पूर्व दक्षिणी ध्रुव के निकट दक्षिणी अमरीका, अफ्रीका, भारत व आस्ट्रेलिया की स्थिति सच मालूम पड़ती है।

अधःस्तर में संवहन धाराओं के खोलों की परिकल्पना—हाल ही में महासागरीय तलों के अध्ययन से कुछ नवीन तथ्यों का पता चला है। जैसे :

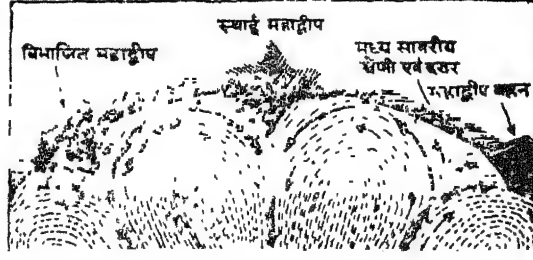
- (1) प्रायः सभी महासागरों के तलों में तलछट का अभाव पाया जाता है।
- (2) सभी महासागरों के तलों में उभरी हुई क्रमबद्ध पर्वत-श्रेणियाँ स्थित हैं।
- (3) केलीफोर्निया का तटवर्ती स्थल भाग कई सौ किलोमीटर पश्चिम की ओर खिसक गया है।

उपरोक्त तथ्यों को स्पष्ट करने के लिए अमरीकी विद्वान हेस (H. H. Hess) तथा डीज (R. S. Dietz) ने सन् 1962 में महाद्वीपीय वहन एवं होम्स की संवहन धाराओं की पुष्टि करते हुए संवहन धाराओं के खोलों की परिकल्पना प्रस्तुत की। इनके अनुसार संवहन धाराएँ महासागरों के नीचे उत्पन्न होती हैं। इन धाराओं के कारण महासागरीय तलों की चट्टानें बदलती रहती हैं। धाराओं के कारण नीचे का तरल पदार्थ ऊपर एवं ऊपर का पदार्थ नीचे अधःस्तर में स्थानान्तरित होता रहता है। इसीलिए महासागरों के तलों पर तलछट का निक्षेप नहीं देखा जाता।

इन वैज्ञानिकों का मत है कि अधःस्तर में संवहन धाराओं के चक्र विभिन्न 'खोलों' (Cells) में पृथक-पृथक रूप से कार्य करते हैं। संवहन धाराओं के इन चक्रों की विशेष स्थितियों के अनुसार ही पृथ्वी पर महाद्वीप आदि भू-खण्डों में विशेषताएँ पैदा हो जाती हैं। इनमें से कुछ विशेषताएँ अग्रलिखित हैं:

(1) **स्थायी महाद्वीप**—जिन स्थानों पर ऊपर आकर फैलने के बाद नीचे को उतरने वाली दो संवहन धाराएँ मिल जाती हैं वहाँ स्थायी महाद्वीप बन जाते हैं।

(2) **महासागरीय पर्वत-श्रेणी एवं दरार**—नीचे से ऊपर आकर फैलने वाली संवहन धारा के ऊपर यदि कोई भू-खण्ड स्थित हो तो वह फट जायगा और वहाँ एक ऐसा समुद्र बन जायेगा जिसमें एक पर्वत-श्रेणी डूबी हुई हो। अन्ध महासागर की मध्यवर्ती पहाड़ी और उसमें स्थित दरार एवं अफ्रीका भ्रश घाटी (Rift Valley) इसके अच्छे प्रमाण हैं।



चित्र 74—अधःस्तर में संवहन धाराओं के चक्र एवं खोल

(3) **महाद्वीपीय वहन**—यदि किसी महाद्वीप के नीचे से संवहन धारा ऊपर आ रही हो तो वह महाद्वीप उस धारा की दिशा में बहने लगता है। विभिन्न महाद्वीपों का वहन इसी परि-कल्पना के आधार पर स्पष्ट हो जाता है।

इन वैज्ञानिकों का यह भी मत है कि विभिन्न खोलों में संवहन धाराओं के चलने का क्रम स्थायी नहीं होता। इनके अनुसार समय-समय पर पुराने 'खोल' (cells) नष्ट होते रहते हैं और नवीन स्थानों पर नवीन खोल बनते रहते हैं। Some convection cells may die out from time to time and new ones form. प्रमाणस्वरूप केलीफोर्निया की खाड़ी की रचना एक नवीन खोल का परिणाम है। इस खोल में धाराओं के ऊपर आकर फैलने से लासऐंजिल्स तथा सेन-फ्रांसिस्को नगर महाद्वीप से अलग-अलग हो रहे हैं। हिन्द महासागर में विद्यमान श्रेणी भी एक नवीन संवहन प्रणाली का फल है।

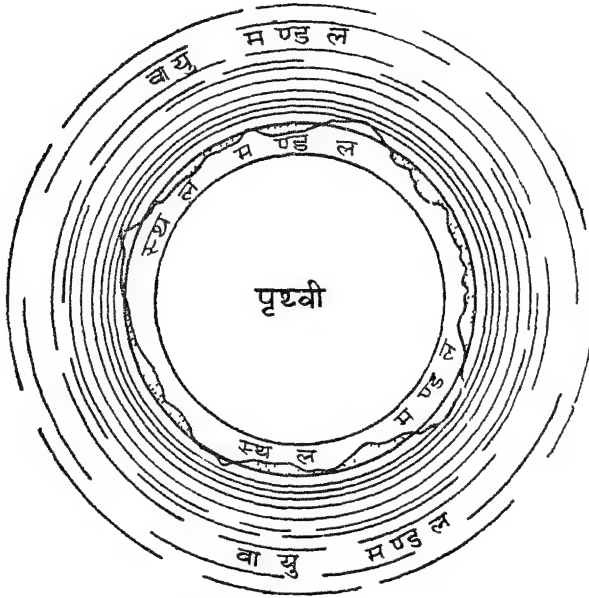
महासागरीय तलों में किये जा रहे नवीन अन्वेषणों से इन समस्याओं के हल के लिए कुछ अधिक प्रामाणिक ज्ञान प्राप्त होने की आशा है।

द्वितीय खण्ड
वायुमण्डल

7

वायुमण्डल (THE ATMOSPHERE)

प्राणी-मात्र के जीवित रहने के लिए जिन-जिन वस्तुओं की आवश्यकता होती है, उनमें वायु सबसे मुख्य है। वायु एक या एक से अधिक गैसों का सम्मिश्रण है। पृथ्वी के चारों ओर रंगहीन, गन्धहीन और स्वादहीन गैसों का एक विशाल आवरण है। पृथ्वी के चतुर्दिक गैसों के इस



चित्र 75—वायुमण्डल

मोटे आवरण को ही वायुमण्डल कहा जाता है। प्रसिद्ध जलवायु विज्ञानवेत्ता ट्रेवार्था (Trewartha) के शब्दों में, 'The solid and liquid earth is surrounded by a gaseous sphere several hundred miles thick called the atmosphere. The atmosphere is not to be thought of as above or beyond the earth proper; it is just as integral a part of the planet as the land and water.'¹

¹ Finch & Trewartha : *Elements of Geography*, p. 23

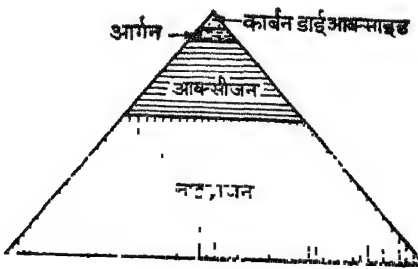
वायुमण्डल की उपरोक्त व्याख्या से स्पष्ट है कि पृथ्वी से परिवेष्टित सैकड़ों मील मोटे गैसों का आवरण जो पृथ्वी का अभिन्न अंग है और उसे चारों ओर से घेरे हुए है, वायुमण्डल कहलाता है।

यह वायुमण्डल हमारी पृथ्वी की विशेषता है। सामान्यतः अन्य ग्रहों पर वायुमण्डल का अभाव है। पृथ्वी की आकर्षण शक्ति के कारण ही यह इसके साथ टिका हुआ है। पृथ्वी के साथ ही वायुमण्डल भी सूर्य की परिक्रमा करता है। पृथ्वी पर जल और स्थल का असम विन्यास है, किन्तु वायु का आवरण लगातार है। समस्त पृथ्वी वायु के अथाह समुद्र में डूबी हुई है। पृथ्वी पर स्थलचर, जलचर और नभचर कोई भी वायुमण्डल के प्रभाव से मुक्त नहीं है। वायुमण्डल हमारे कार्यकलापों को अनेक प्रकार से प्रभावित करता है। हम वायु से श्वास लेते हैं। यह दिन को हमें सूर्य के प्रचण्ड प्रकाश और ऊँचे तापमान तथा रात्रि को गर्मी के ह्रास से बचाकर एक कम्बल के समान कार्य करता है। वस्तुतः वायुमण्डल के बिना पृथ्वी पर न बादल होंगे, न वर्षा होगी, न जल का प्रवाह होगा और न हवा होगी। अर्थात् वायुमण्डल के अभाव में पृथ्वी पर कोई जीवन सम्भव नहीं है।¹

मनुष्य जैसे स्थलचर है, परन्तु प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से उसके जीवन को प्रभावित करने में वायुमण्डल की कोई समता नहीं रखता। वायुमण्डल में जो कुछ परिवर्तन होते हैं उनका मनुष्य जीवन पर तत्क्षण प्रभाव होता है। निश्चय ही उन बहुत सारे तत्वों (elements) में जो कि किसी प्रदेश की भौतिक अवस्था (जलवायु, वनस्पति, भू-आकार, खनिज और मिट्टी) का निर्माण करते हैं, जलवायु सबसे महत्वशाली है। क्योंकि जलवायु ही किसी प्रदेश विशेष की उपादेयता को निर्धारित करती है। विभिन्न प्रदेशों के बीच भिन्नता भी जलवायु पर आधारित है। इस प्रकार जलवायु एक प्रदेश की भौतिक अवस्था को बनाने वाला मुख्य अवयव ही नहीं, वरन् प्रत्यक्ष रूप से इसका वनस्पति, मिट्टी, अपवाह प्रणाली (Drainage system) और भू-आकारों पर भी प्रभाव पड़ता है। अतः भूगोल में वायुमण्डल का ज्ञान नितान्त ही आवश्यक है।

वायुमण्डल का संघटन (Composition of Atmosphere)

वायुमण्डल अनेक गैसों का यान्त्रिक सम्मिश्रण है। इसमें नाइट्रोजन, ऑक्सीजन, कार्बन डाइऑक्साइड, आर्गन, हाइड्रोजन, हीलियम, नियोन, क्रिप्टोन, जेनोन व ओषोन आदि गैसें पायी जाती हैं। किन्तु धरातल के समीप की वायु की जाँच से ज्ञात हुआ है कि इनमें ऑक्सीजन और



चित्र 76—वायुमण्डल में विभिन्न गैसों का अनुपात

गैसों पृथ्वी के धरातल के निकट वायु में विद्यमान हैं, अपने प्रतिशत आयतन के साथ दिखायी गयी हैं।

नाइट्रोजन गैसों ही मुख्य हैं। वायुमण्डल का 99 प्रतिशत भाग इन्हीं दो गैसों से निर्मित है। शेष 1 प्रतिशत में अन्य सभी गैसों सम्मिलित हैं। वायु में गैसों के साथ अशुद्धियों के रूप में गन्धक का तेजाब, शोरे का तेजाब तथा अन्य कई पदार्थ सूक्ष्म मात्रा में मिलते हैं। इन गैसों के अतिरिक्त वयु में कुछ आवेशित कण भी हैं जो भिन्न-भिन्न अनुपात में पाये जाते हैं। बहुत ऊँचाई पर तो स्वतन्त्र ऋणाणु भी यथेष्ट मात्रा में मिलते हैं। पृष्ठ 129 पर दी हुई सारणी में जो

1 R. S. Sharma ; The Nature of Physical World, p. 109

वायुमण्डल में गैस की मात्रा¹

भारी गैसें :	प्रतिशत आयतन
नाइट्रोजन	78.03
ऑक्सीजन	20.99
आर्गन	0.9323
कार्बन डाइऑक्साइड	0.03
हाइड्रोजन	0.01
हल्की गैसें :	
नियोन	0.0018
हीलियम	0.0005
क्रिप्टोन	0.0001
जेनोन	0.000005
ओषोण	0.000001

वायुमण्डल की उपरोक्त रचना 6 किलोमीटर की ऊँचाई तक पायी जाती है। इसके उपरान्त भारी गैसों की मात्रा विभिन्न ऊँचाइयों पर कम और हल्की गैसों की मात्रा बढ़ती जाती है। सामान्यतः भारी गैसें वायुमण्डल के निचले स्तरों में और हल्की गैसें ऊपरी स्तरों में मिलती हैं। जैसे कार्बन डाइऑक्साइड गैस वायुमण्डल में 20 किलोमीटर की ऊँचाई तक, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन 100 किलोमीटर की ऊँचाई तक और हाइड्रोजन 125 किलोमीटर की ऊँचाई तक मिलती है। इसके बाद बहुत अधिक ऊँचाई पर हीलियम, नियोन, क्रिप्टोन व जेनोन जैसी हल्की गैसें मिलती हैं।

यद्यपि वायु भिन्न-भिन्न गैसों का एक सम्मिश्रण है, तथापि जलवाष्प को छोड़कर वायु की प्रतिशत बनावट धरातल के समीप सब जगह एकसी रहती है। वैसे ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड गैसों की प्रतिशत मात्रा कुछ बदलती रहती है। ऑक्सीजन गैस आयतन में 20.81 से 21.00 प्रतिशत तक बदलती रहती है। कार्बन डाइऑक्साइड गैस भी 0.03 से 0.04 प्रतिशत तक बदलती है। यह हरियाली वाले स्थानों पर कम होती है, परन्तु समुद्र पर तथा औद्योगिक नगरों एवं बन्द कमरों में जहाँ बहुत सारे मनुष्य एकत्र हों, यह 24 से 95 प्रतिशत तक बदलती हुई पायी जाती है। जलवाष्प की मात्रा में भी काफी परिवर्तन होता रहता है किन्तु यह 5.0 प्रतिशत से कभी अधिक नहीं होता। आर्द्र अयन-वृत्तों के समीप वायु में जलवाष्प की मात्रा औसत 2.6 प्रतिशत के लगभग रहती है। परन्तु 50° अक्षांश पर 0.9 और 70° अक्षांश के समीप 0.2 प्रतिशत के लगभग ही पायी जाती है।

विभिन्न अक्षांशों पर गैसों का प्रतिशत

अक्षांश	नाइट्रोजन	ऑक्सीजन	आर्गन	जलवाष्प	कार्बन डाइऑक्साइड
भूमध्य रेखा	75.99	20.44	0.92	2.63	0.02
50° उत्तर	77.32	20.80	0.94	0.92	0.02
70° उत्तर	77.87	20.94	0.94	0.22	0.03

¹ C. E. Koeppe and G. C. Delong : *Weather and Climate*, p. 22

वायुमण्डल की गैसों के कार्य और उपयोग (Functions and Uses of Gases)

वायुमण्डल की गैसों में नाइट्रोजन प्रधान है, किन्तु यह बहुत अधिक क्रियाशील तत्त्व नहीं है। इसका प्रमुख कार्य ऑक्सीजन का तनुकरण (dilution) है। साथ ही यह उस गति को कम करती है जिस पर ओपजनीकरण होता है। कुछ पौधों द्वारा यह नाइट्रोजन-चक्र (Nitrogen Cycle) की स्थापना में भी प्रयोग की जाती है। ऑक्सीजन प्राणी-मात्र के लिए बहुत ही आवश्यक है। यह श्वास लेने के काम आती है। वायुमण्डल में कार्बन डाइऑक्साइड यद्यपि बहुत ही अल्प मात्रा में पायी जाती है, किन्तु यह बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका का निर्वाह करती है। इसके बिना पेड़-पौधे पनप ही नहीं सकते; पौधे, पशु जीवन का आधार है। कार्बन डाइऑक्साइड जल, सूर्य, प्रकाश और पत्तियों के हरे तत्त्व क्लोरोफिल की उपस्थिति में शीघ्र प्रतिक्रिया कर कार्बो-हाइड्रेट में परिवर्तित हो जाती है।

वायुमण्डल में जलवाष्प बहुत ही अल्प मात्रा में होती है, किन्तु इसका अद्भुत महत्व है। यह वायुमण्डल में वाष्पीकरण द्वारा समुद्रों, नदियों व झीलों आदि के द्वारा पहुँचती है। इसकी मात्रा वायुमण्डल के तापमान पर निर्भर करती है। जहाँ ताप अधिक रहता है, वहाँ इसकी मात्रा अधिक और जहाँ ताप कम रहता है, वहाँ इसकी मात्रा कम पायी जाती है। वायुमण्डल में ऊँचाई के साथ भी जलवाष्प की मात्रा घटती जाती है। लगभग 8 किलोमीटर की ऊँचाई पर वायु में बहुत कम अंशों में जलवाष्प मिलती है। हम्फ्रीज ने बताया है कि वायुमण्डल में 5 किलोमीटर की ऊँचाई तक जलवाष्प की मात्रा कम होती है, परन्तु 11 से 80 किलोमीटर तक पुनः इसकी मात्रा बढ़ती है। वायु में मिली हुई समस्त जलवाष्प की मात्रा को यदि निकाल दिया जाय तो उससे सम्पूर्ण पृथ्वी पर 1 इंच मोटी जल की परत खड़ी हो सकती है।

मौसम की ठीक-ठीक जानकारी के लिए वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा को जानना अत्यन्त आवश्यक है। इसके कारण ही ओस, कुहरा, धुंध एवं बादल बनते हैं और वर्षा, ओले तथा हिम गिरती है, जिसका पेड़-पौधों, पशु-पक्षियों एवं मानव-जीवन पर प्रत्यक्ष प्रभाव होता है। बादलों में धूल-कणों एवं जल-कणों के भीतर से सूर्य-प्रकाश के गुजरने से भिन्न-भिन्न प्रकार के रंग, इन्द्रधनुष (Rainbow) तथा परिवेश (Halo) आदि मनोहारी दृश्य उपस्थित होते हैं। बादलों में विद्युत-प्रकाश एवं घन-गर्जन भी जलवाष्प का ही फल है।

वायुमण्डल में धूल-कणों का भी विशेष महत्व है। वायुमण्डल की बहुत-सी घटनाओं में इनका प्रमुख भाग रहता है। इन्हीं के कारण आकाश में धुँधलापन छा जाता है तथा जलवाष्प इन्हीं की सहायता से कुहरा व बादल आदि बनाती है। सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय आकाश में भिन्न-भिन्न प्रकार के रंग, नीला आकाश, गो-धूलि प्रकाश और सन्ध्या का गौरवमय सौन्दर्य सब इन्हीं के कारण होते हैं। वायुमण्डल में इन सूक्ष्म कणों की उपस्थिति के कई कारण हैं। ये पृथ्वी के धरातल पर पवन चलने से, ज्वालामुखी पर्वतों के उद्गार से, उल्काओं के वायुमण्डल में आकर जल जाने और टुकड़े-टुकड़े हो जाने से, समुद्री लहरों के उछले हुए पानी के छीटों के वाष्प बन जाने पर, नमक के सूक्ष्म कणों के रह जाने और कोयले के धुएँ से उत्पन्न होते हैं। आजकल इन सूक्ष्म कणों की सख्या भी ज्ञात की जा सकती है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि जिन नगरों में काफी धूल उड़ती हो वहाँ ये 1,00,000 प्रति घन सेण्टीमीटर तक पाये जाते हैं तथा एक सिगरेट के धुएँ की फूँक में लगभग 40 करोड़ सूक्ष्म कण होते हैं।

पृथ्वी के धरातल के समीप वायुमण्डल में ओषोण की बहुत कम मात्रा मिलती है। यह प्रायः एक करोड़ में एक भाग के बराबर होते हैं। ऊपरी वायुमण्डल में इसकी मात्रा धरातल की अपेक्षा काफी अधिक है। वायुमण्डल में ओषोण की उपस्थिति बहुत महत्व रखती है। सूर्य से आने

वाली पराबैंगनी किरणों (ultra-violet rays) का बहुत-सा भाग इसके द्वारा सोख लिया जाता है और पृथ्वी तक नहीं पहुँचने पाता। यदि ये सब किरणें पृथ्वी तक पहुँच पाती तो गर्मी की प्रचण्डता से प्राणी-मात्र का रहना असम्भव हो जाता। ओषोण की मात्रा घटती-बढ़ती रहती है। इसका मौसम पर काफी प्रभाव पड़ता है यही नहीं, पृथ्वी की आकर्षण शक्ति में भी इसके कारण उलट-फेर होते देखा गया है।

वायुमण्डल की संरचना (Structure of Atmosphere)

वायुमण्डल के सम्बन्ध में मनुष्य की जानकारी प्राचीन समय से है। किन्तु इसकी प्रामाणिक जानकारी वर्तमान वैज्ञानिक आविष्कारों द्वारा ही सम्भव हुई है। वर्तमान युग में आधुनिक परिवहन के साधनों—वायुयान तथा जहाज—का संचालन और उनके द्वारा यात्रा एवं चर्चावात और प्रभञ्जन जैसे भौतिक उत्पादों से मनुष्य की रक्षा के प्रयत्नों ने इसके ज्ञान को आवश्यक बना दिया है। वायुमण्डल की जानकारी के लिए सामान्यतः पर्वत-शिखर, वायुयान, पतंग व गुब्बारा आदि साधन प्रयोग में लाये जाते हैं, परन्तु वायुमण्डल की अनन्त गहराई को देखते हुए उसके अन्दर पहुँचने के लिए ये साधन अपर्याप्त हैं। इन साधनों द्वारा वायुमण्डल का अधिक से अधिक 36 किमी ऊपर तक का ज्ञान प्राप्त किया जा सकता है। इस ऊँचाई के बाद हमें गोधुलि-प्रकाश (twilight); पृच्छल तारा (shooting stars), विद्युत-प्रकाश (lightning), ध्वनि तरंगें (sound waves), रेडियो तरंगें (radio waves), और ध्रुव-प्रकाश (auroras), आदि भौतिक दृश्यों का सहारा लेना पड़ता है।

गत 150 वर्षों में वायुमण्डल सम्बन्धी ज्ञान में यथेष्ट उन्नति हुई है। अनेक वैज्ञानिकों ने आधुनिक आविष्कारों का लाभ उठाकर वायुमण्डल की साहसपूर्ण यात्राएँ की हैं। इनमें लैफ्टीनेट एडम, कैप्टिन स्टीनस, कैप्टिन एण्डरसन, मेजर फ्राडनी, मेजर वेन्सकी, डा० पिकार्ड एवं अमरीकी अन्तरिक्ष-यात्री कूपर, कारपेण्टर, आर्मस्ट्रॉंग और रूसी अन्तरिक्ष यात्री यूरी गगारिन, पोपोविच, मेजर तितोव व लियोनोव आदि का नाम विशेष उल्लेखनीय है। आजकल वायुमण्डल की जानकारी के लिए परम्परागत साधनों के विपरीत रॉकेट यान तथा स्पूतनिक (कृत्रिम उपग्रह) का उपयोग किया जाने लग रहा है। स्पूतनिक अत्यन्त सूक्ष्म यन्त्रों से सज्जित होते हैं। वे वायुमण्डल की ऊपरी तहों के तापमान और उनके घनत्व के सम्बन्ध में धरातल पर सूचना भेजते हैं। रूस एवं अमरीका द्वारा छोड़े गये वोसखोद तथा जैमिनी स्पूतनिकों ने वायुमण्डल की ऊपरी संरचना के सम्बन्ध में समुचित रहस्योद्घाटन किया है।

वायुमण्डल की ऊँचाई (Height of the Atmosphere)

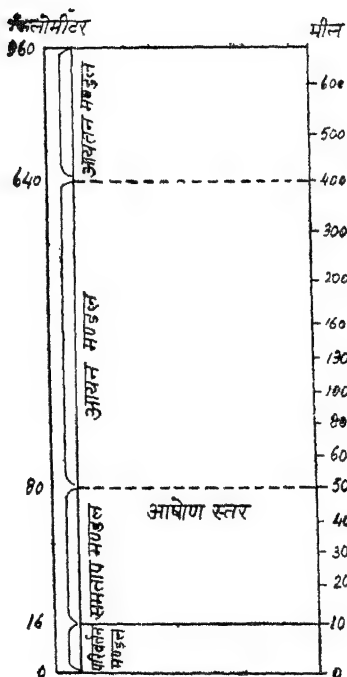
वायुमण्डल की ऊँचाई के सम्बन्ध में सर्वप्रथम सन् 1714 में प्रसिद्ध अन्तरिक्ष विज्ञानवेत्ता एडमण्ड हेले ने अपना विचार प्रस्तुत किया और वायुमण्डल की ऊँचाई 75 किमी बतायी। बाद में अनेक वैज्ञानिकों ने इस ओर अपना ध्यान दौड़ाया। द्वितीय विश्व युद्ध तक कुछ विद्वानों ने अपनी खोजों के आधार पर वायुमण्डल की ऊँचाई 300 किमी अनुमानित की। कुछ समय बाद यह ऊँचाई 1,000 किमी आँकी गयी। तदनन्तर मौसम सम्बन्धी यन्त्रों, उल्काओं, ध्रुवीय ज्योतिषियों, गुब्बारों तथा रेविन सौडे आदि के आधार पर वायुमण्डल की ऊँचाई 1,300 किमी बताई गयी। वर्तमान समय में स्पूतनिक तथा कृत्रिम उपग्रह जैसे वेनगार्ड (Vanguard) व एक्सप्लोरर्स (Explorers) आदि पृथ्वी के आकर्षण के घेरे को भी पार कर गये। इन आधुनिक यन्त्रों की सहायता से आजकल वैज्ञानिकों ने वायुमण्डल की ऊँचाई 16 हजार किमी से 32 हजार किमी तक मानी है। हम अपने दैनिक प्रयोगों के लिए वायुमण्डल की ऊँचाई केवल 800 किमी ही मानकर चलते हैं।

वायुमण्डल की भौतिक संरचना अथवा स्तरीकरण (Physical Structure or Stratification of the Atmosphere)

भौतिक संरचना की दृष्टि से वायुमण्डल विभिन्न गैसों का सम्मिश्रण मात्र है। किन्तु विज्ञान की नवीन खोजों एवं आधुनिक धारणाओं के अनुसार वायुमण्डल में वायु की अनेक परतें हैं। वायुमण्डल की ये परतें वायु के तापमान और दाब पर आधारित हैं। वायुमण्डल को निम्न छः परतों में विभक्त किया गया है :

- (1) परिवर्तन मण्डल (Troposphere),
- (2) मध्य स्तर (Tropopause),
- (3) समताप मण्डल (Stratosphere),
- (4) ओषोण मण्डल (Ozonosphere),
- (5) आयन मण्डल (Ionosphere),
- (6) आयतन मण्डल (Exosphere)।

(1) परिवर्तन मण्डल (Troposphere)—यह वायुमण्डल का सबसे नीचे का भाग है।



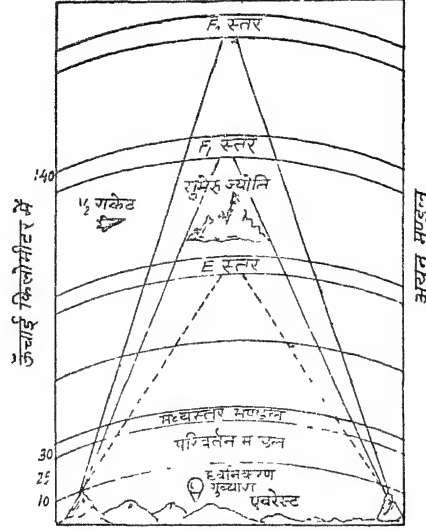
पृथ्वी के धरातल से इसकी औसत ऊँचाई $7\frac{1}{2}$ मील है। ध्रुवी की अपेक्षा विषुवत रेखा पर इसकी ऊँचाई अधिक है। विषुवत रेखा पर यह 16 किमी ऊँचा है परन्तु ध्रुवों पर इसकी ऊँचाई 8 किमी ही है। वायुमण्डल के इसी भाग में हम रहते हैं, इसलिए इसका अध्ययन हमारे लिए बड़ा महत्वपूर्ण है। वायुमण्डल की अधिकांश स्थूलता इसी भाग में है। जलवाष्प, धूलकण और भारी गैसें इस भाग में अधिक पायी जाती हैं। परिवर्तन मण्डल की ऊपरी सीमा पर वायुदाब भी धरातल की अपेक्षा $\frac{1}{4}$ रह जाता है।

वायुमण्डल के इस भाग में वायु कभी शान्त नहीं रहती। इसमें निरन्तर हवाएँ और सवहनीय धाराएँ चला करती हैं जो ताप और आर्द्रता को काफी ऊँचाई तक वितरित करती रहती हैं। इस भाग में ऊँचाई के अनुसार बराबर ताप गिरता जाता है। प्रति 300 फुट की ऊँचाई पर 9° फा० तापमान कम होता जाता है। यह भाग विकिरण (radiation), संचालन (conduction) और संवहन (convection) द्वारा गरम और ठण्डा होता है। भाग में सवहनीय धाराएँ अधिक चलती हैं। अतः

चित्र 77—वायुमण्डल का विभाजन इस भाग को संवहनीय प्रदेश (Convective Zone) या उद्वेलित संवहन स्तर (Turbulent Convective Stratum) भी कहते हैं।

यह भाग सभी प्रकार की मौसमी घटनाओं (weather phenomena) का स्थल है। तापमान के दैनिक और मौसमी परिवर्तनों का अध्ययन इसी भाग में किया जाता है। हमारे रेडियो में भड़भड़ाहट की आवाज उत्पन्न करके सूरीले गानों के सुनने में विघ्न डालने वाले अन्तरिक्ष विक्रोभ भी इसी में उत्पन्न होते हैं। आँधी-तूफान, घन-गर्जन और विद्युत-प्रकाश आदि का स्थान भी यही है। इसके आगे ये कोई हलचलें नहीं दिखाई देती।

(2) **मध्य स्तर (Tropopause)**—यह वायुमण्डल का वह भाग है, जहाँ परिवर्तन मण्डल की पेटी समाप्त होती है और समताप मण्डल की नयी पेटी प्रारम्भ होती है। अतः वायुमण्डल के इस भाग में परिवर्तन मण्डल और समताप मण्डल दोनों के गुण विद्यमान हैं। वायुमण्डल के इस भाग की चौड़ाई लगभग $1\frac{1}{2}$ किमी है। इस भाग में परिवर्तन मण्डल की हवाएँ तथा संवहनीय धाराएँ चलना बन्द हो जाती हैं। वस्तुतः यह वायुमण्डल का वह क्षेत्र है जहाँ सभी प्रकार के मौसमी परिवर्तन समाप्त हो जाते हैं। इस पेटी के बाद समताप मण्डल की पेटी प्रारम्भ हो जाती है।



चित्र 78—वायुमण्डल के स्तर

(3) **समताप मण्डल (Stratosphere)**—मध्य स्तर के ऊपर स्थित वायुमण्डल के भाग को समताप मण्डल (Stratosphere) कहते हैं। वायुमण्डल के इस भाग में तापमान लगभग एकसमान रहते हैं। अप्रैल 1888 में तिसरा डी बोर्ड ने इस बात का पता लगाया कि इस भाग में विकिरण द्वारा प्राप्त गर्मी प्रस्तुत विकिरण के समान होती है। इस प्रकार इस कटिबन्ध में तापमान के अपरिवर्तित रहने के कारण ही इसे समताप मण्डल (Isothermal zone) कहा जाता है।

कुछ समय पूर्व समताप मण्डल की ऊँचाई 13 से 32 किमी तक मानी जाती थी, किन्तु स्पूतनिको द्वारा की गयी खोजों के द्वारा अब इसकी ऊँचाई 16 से 80 किमी तक आँकी गयी है। समताप मण्डल की ऊँचाई अक्षांश तथा ऋतुओं के अनुसार बदलती रहती है। ध्रुवों की अपेक्षा विषुवत रेखा पर इसकी ऊँचाई अधिक है। इसी प्रकार ग्रीष्मऋतु पे जाड़े की अपेक्षा इसकी ऊँचाई अधिक होती है। यह भाग पूर्णतः संवहन रहित (Non-convective) होता है। यहाँ क्षैतिज रूप की हवाएँ चला करती हैं। सम तापमान, बादलों का अपेक्षाकृत अभाव और हल्की वायु इस मण्डल की अन्य विशेषताएँ हैं। वायुमण्डल के इस कटिबन्ध में आँधी, तूफान, हिम एवं घन-गर्जन नहीं होता। वायुदाब धरातल की अपेक्षा $\frac{1}{10}$ ही रहता है। जलवाष्प और धूल-कण बहुत ही कम होते हैं। संवहनीय धाराओं तथा बादलों का पूर्ण अभाव पाया जाता है।

(4) **ओषोण मण्डल (Ozonosphere)**—समताप मण्डल के ऊपर जिस नवीन भाग की खोज हुई है उसे ओषोण मण्डल (Ozonosphere) कहते हैं। कुछ विद्वान इसे समताप मण्डल का ऊपरी हिस्सा ही मानते हैं। वायुमण्डल का यह भाग 32 से 80 किमी की ऊँचाई तक फैला हुआ है। इस भाग में ओषोण गैस की प्रधानता रहती है। यह गैस सूर्य से निकलने वाली अत्यन्त गरम पराबैंगनी किरणों (ultra-violet rays) को सोख लेती है। इसका पृथ्वी की जलवायु पर गहरा प्रभाव पड़ता है।

(5) **आयन मण्डल (Ionosphere)**—ओषोण मण्डल के ऊपर वायु की कई तहें हैं। इन्हीं कुल तहों को आयन मण्डल कहा गया है। वायुमण्डल का यह भाग 80 से 640 किमी तक विस्तृत है। इस भाग में स्वतन्त्र आयन की संख्या प्रभूत मात्रा में पायी जाती है। फलस्वरूप इस क्षेत्र में बड़ी ही विस्मयकारी विद्युतकीय एवं चुम्बकीय घटनाएँ घटित होती हैं। सुमेरु ज्योति, कुमेरु ज्योति एवं उल्काओं की चमक इस भाग की विशेष घटनाएँ हैं। अभी इस भाग की पूर्ण जानकारी नहीं है। रेडियो तरंगों एवं ध्वनि तरंगों की सहायता से इसका ज्ञान प्राप्त किया जा रहा है।

आयन मण्डल कई तहों में बँटा हुआ है। इस मण्डल की सबसे नीचे की तह 'डी तह' कहलाती है। वस्तुतः यह ऊपरी समताप मण्डल में पायी जाती है। यह केवल लम्बी रेडियो तरंगों को परिवर्तित करती है। आयन मण्डल की अन्य दो महत्वपूर्ण तहें E_1 और E_2 हैं। ये 80 किमी से लेकर 140 किमी की ऊँचाई तक मिलती हैं। रेडियो की मीडियम तरंगें इन्हीं तहों से परिवर्तित होती हैं। इन तहों के ऊपर 140 किमी की ऊँचाई पर F_1 तह और 248 किमी की ऊँचाई पर F_2 तह या एप्लीटन तह पायी जाती है। ये तहें रेडियो की लघु तरंगों को परिवर्तित करती हैं। इस आयन मण्डल के अभाव में रेडियो तरंगें भूतल पर न आकर आकाश में चली जाती हैं।

(6) **आयतन मण्डल (Exosphere)**—पृथ्वी के वायुमण्डल का यह सबसे ऊपरी भाग है। यह 640 किमी से अधिक ऊँचाई पर विस्तृत है। संक्षेप में, वायुमण्डल की सीमा का दूसरा नाम ही आयतन मण्डल या सीमा-प्रदेश (Fringe-region) है। इस भाग के बारे में अभी बहुत ही कम जानकारी प्राप्त है।

वायुमण्डल का तहों में विभाजन और प्रत्येक भाग के सम्बन्ध में जानकारी अभी अपूर्ण है। इस दिशा में अभी बहुत कुछ करने की आवश्यकता है। वायुमण्डल के ऊपरी भाग के सम्बन्ध में हमारा ज्ञान नगण्य है।

वायुमण्डल के यो तो सभी भागों का प्रभाव पृथ्वी पर होता है, परन्तु हमारे ऊपर प्रथम दो भागों का प्रभाव ही अधिक पड़ता है। अतः भौगोलिक दृष्टि से वायुमण्डल के केवल इन भागों का अध्ययन ही विशेष महत्व रखता है। वायुमण्डल की ऊपरी तहों के अध्ययन को वायु विज्ञान (Aerology) और निचली परतों के अध्ययन को ऋतु-विज्ञान (Meteorology) कहा जाता है।

वायुमण्डल की रासायनिक संरचना

रासायनिक संरचना की दृष्टि से वायुमण्डल को दो परतों में विभक्त किया जाता है—(1) सममण्डल (homosphere) तथा (2) विषम मण्डल (heterosphere)।

(1) **सममण्डल (Homosphere)**—इस मण्डल की रचना मुख्यतः नाइट्रोजन (78.084%) तथा ऑक्सीजन (20.946%) दो गैसों से हुई है। ये दोनों गैसें वायुमण्डल के 99 प्रतिशत भाग को घेरे हुए हैं। शेष 1 प्रतिशत भाग में कार्बनडाइऑक्साइड, आर्गन, नियोन, हीलियम, क्रिप्टोन, जेनोन व हाइड्रोजन आदि गैसें सम्मिलित हैं। समुद्र तल से इस मण्डल की ऊँचाई 90 किलोमीटर मानी गयी है। तापक्रम के आधार पर इस मण्डल के तीन उपभाग किये गये हैं—(i) परिवर्तन मण्डल (troposphere), (ii) समताप मण्डल (stratosphere) एवं (iii) मध्य मण्डल (mesosphere)। रासायनिक संरचना की दृष्टि से इन तीनों उपमण्डलों में गैसों के अनुपात में कोई परिवर्तन दृष्टिगोचर नहीं होता इसीलिए इन सभी भागों को सममण्डल कहा जाता है।

(2) **विषम मण्डल (Heterosphere)**—इस मण्डल की रचना विभिन्न गैसों की परतों से हुई है। इन परतों को बनाने वाली गैसों का अनुपात भी एक समान नहीं है। इसीलिए इस मण्डल को विषम मण्डल कहा जाता है। इस मण्डल की ऊँचाई 90 किलोमीटर से 10,000 किलोमीटर तक अनुमानित की गयी है। इस मण्डल में विभिन्न गैसों की निम्न चार परतें हैं :

(i) **आणविक नाइट्रोजन परत (Molecular Nitrogen Layer)**—यह परत 90 से 200 किमी तक ऊँची है। इसमें मुख्यतः नाइट्रोजन के अणु पाये जाते हैं।

(ii) **आणविक ऑक्सीजन परत (Atomic Oxygen Layer)**—इस परत की ऊँचाई 200 से 400 किमी तक है। इसमें मुख्यतः ऑक्सीजन के अणु पाये जाते हैं।

(iii) **हीलियम परत (Helium Layer)**—यह परत 1,100 से 3,500 किमी की ऊँचाई तक फैली हुई है। इस परत में हीलियम अणु पाये जाते हैं।

(iv) आणविक हाइड्रोजन परत (Atomic Hydrogen Layer)—इस परत में हाइड्रोजन अणुओं की प्रधानता पायी जाती है। इस परत की ऊपरी सीमा को निश्चित रूप से नहीं बताया जा सकता, किन्तु मोटे तौर पर इसका विस्तार 10,000 किमी तक माना गया है। यह परत सबसे हल्की होने से वायुमण्डल के सबसे ऊपरी भाग में स्थित है।

वायुमण्डल का महत्त्व

मनुष्य जैसे स्थलचर है, परन्तु प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से उसके जीवन को प्रभावित करने में वायुमण्डल की कोई समता नहीं रखता। वायुमण्डल हमारे कार्यकलापों को अनेक प्रकार से प्रभावित करता है। हम वायु से श्वास लेते हैं। यह दिन को हमें सूर्य के प्रचण्ड प्रकाश और ऊँचे तापमान तथा रात्रि को गर्मी के ह्रास से बचाकर एक कम्बल के समान कार्य करता है। वस्तुतः वायुमण्डल के बिना पृथ्वी पर न वादल होंगे, न वर्षा होगी, न जल का प्रवाह होगा और न हवा होगी। संक्षेप में वायुमण्डल के अभाव में पृथ्वी पर कोई जीवन सम्भव नहीं है।

वायुमण्डल में जो कुछ परिवर्तन होते हैं उनका मनुष्य जीवन पर तत्क्षण प्रभाव होता है। निश्चय ही उन बहुत सारे तत्वों (elements) में जो कि किसी प्रदेश की भौतिक अवस्था (जलवायु, वनस्पति, भू-आकार, खनिज और मिट्टी) का निर्माण करते हैं, जलवायु सबसे महत्वपूर्ण है, क्योंकि जलवायु ही किसी प्रदेश विशेष की उपादेयता को निर्धारित करती है। विभिन्न प्रदेशों के बीच भिन्नता भी जलवायु पर आधारित है। इस प्रकार जलवायु एक प्रदेश की भौतिक अवस्था को बताते वाला मुख्य अवयव ही नहीं, बरन् प्रत्यक्ष रूप से इसका वनस्पति, मिट्टी, अपवाह प्रणाली और भू-आकारों पर भी प्रभाव पड़ता है। अतः भूगोल में वायुमण्डल का ज्ञान नितान्त ही आवश्यक है।

8

सूर्याभिताप और तापमान (INSOLATION AND TEMPERATURE)

सूर्य वायुमण्डल की शक्ति का आदि-स्रोत है। जब हम अपने घर में अथवा कारखानों में लकड़ी, तेल अथवा कोयला जलाते हैं तो वस्तुतः हम एकत्रित सूर्य शक्ति का ही प्रयोग करते हैं। क्योंकि लकड़ी, तेल और कोयला परोक्ष रूप में सूर्य-प्रकाश का ही परिवर्तित रूप है। प्राणी-मात्र के जीवन का आधार ही सूर्य है। मनुष्य का अपना स्वयं का अस्तित्व भी सूर्य के बिना कुछ नहीं। सूर्य के अभाव में न धरातल पर पेड़-पौधे उग सकते हैं, न समुद्रों में मछलियाँ पनप सकती हैं और न भूमि पर पशु-पक्षी ही जीवन ग्रहण कर सकते हैं। भू-तल पर समस्त प्रकार का जीवन (वनस्पति, पशु और मानव) सूर्य देव की ही कृपा का फल है।

सूर्य प्रचण्ड रूप से चलती हुई गैसों का प्रकाश-पुंज है और पृथ्वी से सैकड़ों गुना बड़ा है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि सूर्य के धरातल पर लगभग $10,000^{\circ}$ फा० से भी अधिक तापमान रहता है। इस प्रकार परम तेजस्वी सूर्य से निरन्तर शून्य में ताप तरंगों के रूप में शक्ति प्रसारित होती रहती है। प्रति वर्ग गज सूर्य के धरातल से निकलने वाली गर्मी लगभग 1,00,000 अश्व शक्ति के बराबर होती है। यद्यपि पृथ्वी सूर्य से 9,30,00,000 मील ही दूर है, परन्तु धरातल पर प्राप्त अंश सूर्य से प्रसारित शक्ति का केवल दो-अरबवाँ भाग ही होता है। पृथ्वी के समस्त धरातल पर प्रति मिनट इतनी शक्ति प्राप्त होती है जितनी कि मनुष्य जाति एक वर्ष में उपयोग में लाता है। सूर्य की कुल शक्ति का इतना स्वल्प अंश प्राप्त होते हुए भी पृथ्वी की समस्त भौतिक और जीवन सम्बन्धी घटनाएँ इसी शक्ति पर निर्भर हैं। संक्षेप में, सूर्य एक विशाल इजन है, जो कि धरातल की हवाओं और समुद्री धाराओं को चलाता है; मौसम को जन्म देता है और पृथ्वी को मनुष्य जाति के रहने योग्य बनाता है।¹

पृथ्वी के धरातल और वायुमण्डल की गर्मी का प्रधान स्रोत सूर्य ही है। सूर्य की तुलना में चन्द्रमा, नक्षत्र, तारे और पृथ्वी के गर्भ से प्राप्त अंश एकदम नगण्य होते हैं। यह इस बात से विदित है कि साधारणतः दिन में सूर्य के प्रभाव से तापमान बढ़ जाता है, परन्तु रात्रि में जबकि दूसरे सब कारण (चन्द्रमा, नक्षत्र और तारे आदि) कार्यशील रहते हैं फिर भी तापमान घट जाता है। अतः सूर्य से आने वाली शक्ति को ही सूर्याभिताप (Insolation) के विशेष नाम से पुकारा जाता है। केण्ड्रू (Kendrew) महोदय के अनुसार, "The sun is constantly radiating into space the complex of energy which is called insolation." टार एवं मार्टिन के शब्दों में, "The radiant energy from the sun which reaches the earth is called

¹ Tręwartha : *Introduction to Weather and Climate*, p, 9

insolation.” बायर्स के अनुसार, “Insolation is the rate at which direct solar radiation energy is received on a horizontal surface.”¹ ट्रीवार्था ने सूर्यातिप की व्याख्या करते हुए कहा है “The radiant energy received from the sun, transmitted in a form analogous to short waves (1/250 to 1/6700 m m. in length) and travelling at the rate of 1,86,000 miles a second, is called solar radiation or insolation”² अर्थात् सूर्य से प्राप्त वह शक्ति जो कि लघु तरंगों के रूप में प्रति सेकण्ड 1,86,000 मील की गति से चलकर भूतल पर पहुँचती है, सौर्य विकिरण अथवा सूर्यातिप कहलाती है।

साधारणतः सूर्य से आने वाली शक्ति दिखाई नहीं देती। सूर्य से प्रसारित शक्ति का कुछ ही अंश हमें प्रकाश के रूप में दिखाई पड़ता है। प्रकाश वस्तुतः सात विभिन्न लहरों के संयोग का सामूहिक परिणाम है जो कि सात विभिन्न रंगों में—अर्थात् लाल, नारंगी, पीला, हरा, नीला, इण्डिगो और बैंगनी में प्रकट होता है। इनमें लाल रंग की लहरे सबसे लम्बी और बैंगनी रंग की लहरें सबसे छोटी होती हैं। इनके अतिरिक्त कुछ बहुत ही सूक्ष्म लहरे होती हैं जिन्हें पराबैंगनी किरणें (Ultra-violet rays) कहा जाता है और कुछ बहुत ही बड़ी होती हैं जिन्हें परालाल किरणें (Infra-red rays) कहा जाता है। ये किरणें दिखाई नहीं देती। परन्तु इनका प्रभाव बड़ा दूरगामी होता है। जब किसी पदार्थ का तापमान बहुत ऊँचा होता है तो उससे विकिरण (radiation) बड़ा तीव्र होता है परन्तु उसकी लहरों की लम्बाई छोटी होती है। सूर्य भी इस प्रकार गर्मी का प्रचण्ड पुंज होने से उससे निकलने वाली गर्मी छोटी लहरों के रूप में प्रकट होती है। संक्षेप में, धरातल पर प्राप्त सूर्य से प्रसारित शक्ति को ही, जो कि छोटी लहरों के रूप में प्रकट होती है (1/250 से 1/6700 किमी की लम्बाई से) और जो प्रति सेकण्ड 1,86,000 मील की गति से चलकर आती है, सूर्याभिताप कहा जाता है।³

सूर्य से बड़े परिमाण में चारों ओर शक्ति प्रसारित होती है। परन्तु सूर्य से प्रसारित इस शक्ति का कुछ ही अंश धरातल को प्राप्त होता है। क्योंकि सूर्य से निकलने वाली शक्ति जब धरातल पर पहुँचती है तो उसे वायु के महासमुद्र को पार करके आना पड़ता है। इसलिए धरातल पर आने वाली शक्ति का लगभग आधा भाग मार्ग में ही नष्ट हो जाता है। सूर्य शक्ति का कुछ भाग वायुमण्डल की गैसें हड़प कर लेती हैं, कुछ जलवाष्प और धूल-कण सोख लेते हैं और कुछ बादलों और वायुमण्डल की ऊपरी तहों से प्रतिबिम्बित होकर पुनः शून्य में चली जाती है। किम्बॉल ने नष्ट होने वाली शक्ति का आगणन निम्न प्रकार दिया है :

कुल 100% में से (1/2 अरबवाँ भाग) 42% प्रतिबिम्बित होकर वापस शून्य में चली जाती है।

11% जलवाष्प सोख लेती है।

4% गैसें और धूल के कण हड़प कर लेते हैं।

कुल नष्ट 57%

इस प्रकार सूर्य से आने वाली शक्ति का केवल 43 प्रतिशत भाग ही पृथ्वी के धरातल पर पहुँच पाता है।

¹ Byres : *General Meteorology*

² Trewartha G. T. : *An Introduction to Climate*, p. 7

³ Byres : *General Meteorology*.

सूर्य से निकलने वाली गर्मी का यद्यपि बहुत ही सूक्ष्म अंश पृथ्वी पर पहुँच पाता है, फिर भी धरातल पर प्राप्त गर्मी की मात्रा काफी बड़ी होती है। एबट तथा अन्य विद्वानों ने अनुमान लगाया है कि वायुमण्डल की बाहरी सीमा पर सूर्य से प्रति मिनट प्रति वर्ग सेण्टीमीटर पर 1.94 कैलोरी गर्मी प्राप्त होती है। सूर्य से आने वाली गर्मी की इस मात्रा में प्रायः कोई घटा-बढ़ी नहीं होती। अतएव यह सूर्य की अपरिवर्तनशील शक्ति (solar constant) कहलाती है। परन्तु आधुनिक खोजबीन से यह स्पष्ट हो गया है कि सूर्य से निकलने वाली शक्ति सदा एकसा नहीं रहती। यह अपरिवर्तनशील शक्ति सूर्य के धब्बों (sun spots) के साथ घटती-बढ़ती रहती है। कुछ ही वर्षों की अवधि में इस अपरिवर्तनशील शक्ति में लगभग तीन प्रतिशत का अन्तर पड़ जाता है।

चूँकि वायुमण्डल की गर्मी का एकमात्र बड़ा साधन सूर्य ही है इसलिए जलवायु और मौसम की घटनाओं को भली प्रकार समझने के लिए धरातल पर सूर्याभिताप के वितरण का ज्ञान नितान्त ही आवश्यक है। वायुमण्डल की समस्त घटनाओं और गतियों का एकमात्र अन्तिम कारण सूर्याभिताप में ही देखा जा सकता है। सूर्य वस्तुतः जलवायु का अकेला सबसे बड़ा निर्णायक है।

धरातल पर सूर्याभिताप का वितरण (Distribution of Insolation)

पृथ्वी के धरातल पर सूर्यातप का वितरण सर्वत्र एक समान नहीं पाया जाता। सर्वाधिक सूर्यातप भूमध्य रेखा के 10° उत्तर तथा दक्षिण के मध्यवर्ती क्षेत्र को प्राप्त होता है, क्योंकि यहाँ सूर्य वर्ष भर सीधा चमकता है। ध्रुवों की ओर सूर्यातप की मात्रा कम होती जाती है। ध्रुवों पर तो विषुवत रेखा का केवल 40 प्रतिशत ही सूर्यातप प्राप्त होता है। इस प्रकार धरातल पर सूर्यातप का वितरण अक्षांशों के अनुसार अलग-अलग होता है। सूर्यातप के वितरण पर वायुमण्डल के परावर्तन (reflection), प्रकीर्णन (scattering) तथा अवशोषण (absorption) आदि बातों का भी बड़ा प्रभाव पड़ता है। इसके बाद जो शेष सूर्यातप पृथ्वी तल पर पहुँचता है, वह पृथ्वी की दैनिक गति तथा अक्षांशों के अनुसार वितरित होता है। यदि पृथ्वी पर वार्षिक सूर्यातप के वितरण को ध्यानपूर्वक देखा जाय तो उसको स्पष्ट तीन क्षेत्रों में बाँटा जा सकता है

(i) निम्न अक्षांशीय मण्डल—इसका विस्तार कर्क और मकर रेखाओं के मध्य पाया जाता है। इस भाग में वर्ष भर ऊँचा सूर्यातप प्राप्त होता है। सूर्य के उत्तरायण और दक्षिणायन होने के साथ इस क्षेत्र में प्रत्येक स्थान वर्ष में दो बार अधिकतम और दो बार न्यूनतम सूर्यातप प्राप्त करता है।

(ii) मध्य अक्षांशीय मण्डल—इसका विस्तार $23\frac{1}{2}^\circ$ से $66\frac{1}{2}^\circ$ अक्षांशों के मध्य है। यह क्षेत्र वर्ष में कभी भी सूर्यातप से शून्य नहीं रहता। इस क्षेत्र के प्रत्येक स्थान पर वर्ष में एक बार अधिकतम और एक बार न्यूनतम सूर्यातप प्राप्त होता है।

(iii) ध्रुवीय मण्डल—यह मण्डल $66\frac{1}{2}^\circ$ अक्षांश से ध्रुवों तक विस्तृत है। इस क्षेत्र में वर्ष में एक बार अधिकतम और एक बार न्यूनतम सूर्यातप प्राप्त होता है। वर्ष के कुछ महीनों में सूर्य के अभाव के कारण यहाँ सूर्यातप शून्य रहता है।

धरातल के किसी भी भाग पर प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा निम्न बातों पर निर्भर करती है :

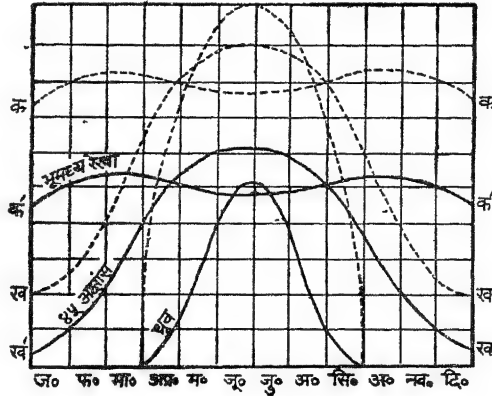
(1) धरातल से सूर्य की ऊँचाई—धरातल पर सूर्य की किरणों द्वारा निर्मित कोण अक्षांश तथा वर्ष और दिन के समयानुसार परिवर्तित होता रहता है। कर्क और मकर रेखाओं के बीच सभी स्थानों पर प्रतिवर्ष सूर्य एक या दो दिन ही लम्बवत् चमकता है और साधारणतः सभी ऋतुओं में अपेक्षतया ऊँचा रहता है। परन्तु कर्क और मकर रेखाओं के बाहर कभी भी सूर्य लम्बवत् नहीं चमकता। अक्षांशों की ऊँचाई के साथ ही साथ धरातल से सूर्य की ऊँचाई भी घटती जाती है। ऋतुओं के साथ इसमें और भी परिवर्तन आ जाता है। अतः धरातल से सूर्य की ऊँचाई और

धरातल पर प्राप्त गर्मी में घनिष्ठ सम्बन्ध है। धरातल से सूर्य की जितनी अधिक ऊँचाई होगी; धरातल पर प्राप्त गर्मी भी उतनी ही अधिक होगी। क्योंकि धरातल से सूर्य की ऊँचाई के साथ ही सूर्य की किरणों द्वारा बनने वाला कोण निर्भर करता है। जब सूर्य धरातल के ऊपर ठीक लम्बवत् होता है तो किरणें सीधी पड़ती हैं और अधिक गर्मी देती हैं। परन्तु सूर्य की किरणें जब तिरछी पड़ती हैं तो कम गर्मी देती हैं। तिरछी किरणों से कम गर्मी प्राप्त होने के दो कारण हैं।

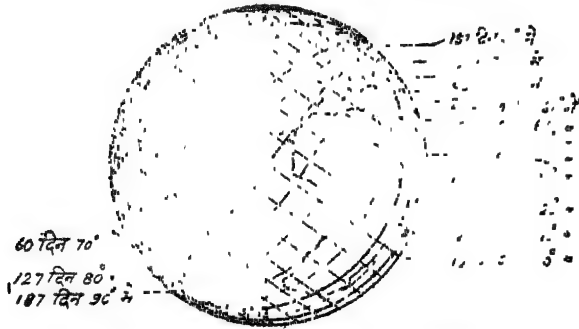
पहला तिरछी किरणें सीधी किरणों की अपेक्षा धरातल के अधिक भाग को घेरती हैं, इसलिए उन्हें धरातल के अधिक भाग को गरम करना पड़ता है। दूसरा, तिरछी किरणों को वायुमण्डल का अधिक भाग पार करना पड़ता है जिससे वायुमण्डल में उनकी अधिक गर्मी नष्ट हो जाती है। यह बात इस उदाहरण से और भी स्पष्ट है। गंगा नदी के डेल्टा में सूर्य की किरणें धरातल पर 21 दिसम्बर को 45° और 21 जून को 90° का कोण बनाती हैं। दूसरे शब्दों में, कलकत्ता के आसपास के भाग में

21 दिसम्बर को 21 जून को प्राप्त होने वाली गर्मी की 70 प्रतिशत गर्मी ही प्राप्त होती है।¹ इस तरह तिरछेपन के साथ किरणों की शक्ति घटती जाती है। वायुमण्डल में नष्ट होने वाली गर्मी की मात्रा को अंगोस्ट ने अपने ग्राफ में भली प्रकार स्पष्ट किया है।

✓(2) दिन और रात की लम्बाई का अन्तर—परिभ्रमण और परिक्रमण पृथ्वी की दो गतियाँ हैं। परिभ्रमण गति द्वारा पृथ्वी अपनी धुरी पर बराबर चक्कर लगाती है और परिक्रमण द्वारा वह अपने कक्ष (orbit) पर $66\frac{1}{2}^\circ$ का कोण बनाती हुई सूर्य के चारों ओर घूमती है। इन गतियों के कारण ही पृथ्वी पर दिन-रात तथा ऋतु-परिवर्तन होता है। दूसरे शब्दों में, इसका



चित्र 79—वायुमण्डल द्वारा नष्ट गर्मी

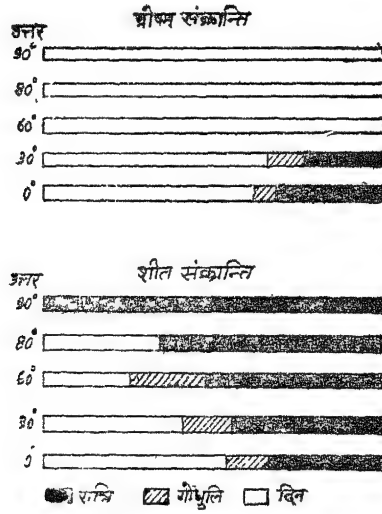


चित्र 80—अक्षांश तथा दिन की लम्बाई

प्रभाव धरातल से सूर्य की ऊँचाई, मौसम तथा अक्षांश के अनुसार सूर्य प्रकाश के घण्टों (Duration of Sun-shine) पर होता है। अर्थात् भिन्न-भिन्न ऋतुओं में विभिन्न अक्षांशों पर दिन और रात की लम्बाई भिन्न-भिन्न होती है, जिसका प्रभाव पृथ्वी पर सूर्याभिताप की न्यूनाधिक मात्रा पर पड़ता है। किसी स्थान पर जितना ही सूर्य ऊँचा और अधिक देर तक चमकता है वहाँ उतना

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, pp. 372-73

ही अधिक सूर्याभिताप प्राप्त होता है। भूमध्य रेखा पर दिन-रात सदा ही बराबर होते हैं, परन्तु



में दिन की लम्बाई और जाड़े में रात की लम्बाई तालिका से स्पष्ट है :

भिन्न-भिन्न अक्षांशों पर दिन की अधिकतम लम्बाई¹

अक्षांश	अधिकतम लम्बा दिन अथवा रात
0	12 घण्टे
17	13 „
31	14 „
41	15 „
49	16 „
58.5	18 „
63.4	20 „
66.5	24 „
67.4	1 महीना
69.8	2 „
78.2	4 „
90.0	6 „

धरातल से सूर्य की अधिक ऊँचाई और सूर्य-प्रकाश के अधिक घण्टे दोनों ही मिलकर उष्ण कटिबन्ध के बाहर ग्रीष्मऋतु में अधिक सूर्याभिताप पहुँचाते हैं। उदाहरणतः, 21 जून को उत्तरी ध्रुव पर सूर्य द्वारा प्राप्त गर्मी इतनी अधिक होती है जितनी वर्ष में किसी भी दिन विषुवत रेखा पर भी प्राप्त नहीं होती।² परन्तु इस ऋतुवत परिवर्तन के विपरीत विषुवत रेखा

भूमध्य रेखा से दूर दिन-रात की लम्बाई का अन्तर बराबर बढ़ता जाता है। केवल 21 मार्च और 22 सितम्बर को अर्थात् बसन्त-विषुव (Spring Equinox) और शरद-विषुव (Autumn Equinox) की तिथियों को पृथ्वी पर सर्वत्र ही दिन और रात बराबर होते हैं। लेकिन 21 दिसम्बर के बाद अर्थात् मकर-सक्रान्ति (Winter solstice) के पश्चात् 21 जून तक अर्थात् कर्क-सक्रान्ति (Summer solstice) तक क्रमशः उत्तरी गोलार्द्ध में दिन बड़े और दक्षिणी गोलार्द्ध में छोटे होते जाते हैं। परन्तु 21 जून के बाद 21 दिसम्बर तक पुनः दक्षिणी गोलार्द्ध में दिन धीरे-धीरे बड़े होने लगते हैं और उत्तरी गोलार्द्ध में क्रमशः छोटे।

विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर ग्रीष्म

उत्तरोत्तर बढ़ती जाती है, जैसा कि निम्न

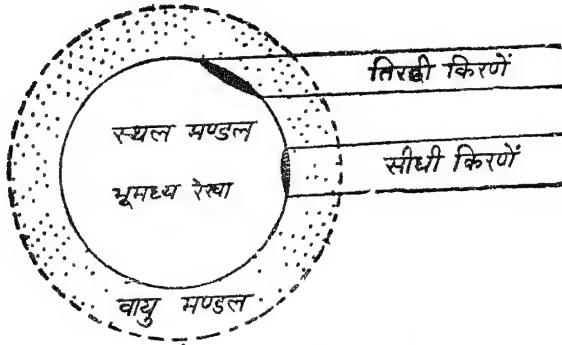
¹ Blair : *Climatology*, p. 9

² *Ibid.* : p. 10

पर वर्ष-भर में सबसे अधिक गर्मी प्राप्त होती है। ज्यों-ज्यों विषुवत रेखा से हम उत्तर या दक्षिण को जाते हैं गर्मी की यह मात्रा घटती जाती है। नीचे की तालिका से यह तथ्य प्रकट है।¹

अक्षांश	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
प्रतिशत	100	99	95	88	79	68	57	47	43	42

(3) वायुमण्डल की मोटाई—ऊपर बताया जा चुका है कि तिरछी किरणें न केवल धरातल के अधिक भाग को घेरती हैं, वरन् उन्हें वायुमण्डल के अधिक भाग को पार करके आना पड़ता है। अतएव उनकी बहुत अधिक शक्ति वायुमण्डल में ही नष्ट हो जाती है। वायु में मिली वाष्प और



वायु मण्डल की मोटाई

चित्र 82—वायुमण्डल की मोटाई

कार्बन गैस सूर्य-किरणों की बहुत अधिक शक्ति स्वयं सोख लेती है जिससे धरातल के उस भाग में अपेक्षित कम गर्मी मिल पाती है। यही कारण है कि उष्ण कटिबन्ध के बाहर कम और उसके अन्दर अधिक गर्मी प्राप्त होती है।

पाटर्सन के अनुसार भिन्न-भिन्न अक्षांशों पर सूर्य की ऊँचाई और वायुमण्डलीय मार्ग की आपेक्षिक लम्बाई²

सूर्य की ऊँचाई	वायुमण्डल की आपेक्षिक लम्बाई
90° (भूमध्य रेखा पर)	1
60°	1.15
30°	2
10°	5.7
0° (ध्रुवों पर)	44.7

¹ Ibid.

² Dubey : *Physical Basis of Geography*, p. 50

(4) वायुमण्डल की अवस्था—धरातल पर प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा बहुत कुछ वायुमण्डल की अवस्था पर निर्भर करती है। वायुमण्डल द्वारा सूर्य से आने वाली शक्ति के प्रतिबिम्बित और हड़प करने की मात्रा के अनुसार पृथ्वी पर पहुँचने वाली मात्रा में भी अन्तर पड़ जाता है। आकाश की मेघाच्छन्नता (cloudiness), आर्द्रता (humidity) और धूल आदि वायुमण्डल की परिवर्तनशील दशाएँ धरती पर पहुँचने वाली सूर्याभिताप की मात्रा को निरन्तर बदलती रहती है। सन् 1784 में बी० फ्रेकलिन ने बताया कि सन् 1783-84 के कठोर जाड़े का कारण हवा में अपार धूल की राशि का पाया जाना था। वायुमण्डल में छायाई हुई धूल सूर्य शक्ति को धरती पर पहुँचने में बाधा उपस्थित करती है। वायुमण्डल में यह धूल ज्वालामुखी के विस्फोट अथवा भीषण उल्काओं के विनाश से प्राप्त होती है। ज्वालामुखी विस्फोट से धूल की बहुत बड़ी राशि आकाश में छा जाती है और उसको पुनः धरती पर आने और जमने में एक से तीन साल लग जाते हैं। हम्फ्रीज ने गणना करके यह बताया है कि ज्वालामुखी धूल के कारण सूर्य से आने वाली शक्ति और धरातल से निकलने वाली शक्ति में 30 : 1 के अनुपात में कमी पड़ जाती है। सन् 1912 में किये गये परीक्षण से पता चला है कि कटमाई (Katmai) विस्फोट के कारण आकाश में जो धूल फैल गयी थी, उसके कारण पृथ्वी पर पहुँचने वाली सूर्याभिताप की मात्रा में 20 प्रतिशत की कमी पड़ गयी। यदि वह धूल आकाश में लम्बे समय तक छायाई रहती तो पृथ्वी का औसत तापमान इतना नीचे चला जाता कि भू-तल पर एक नवीन हिमयुग का सूत्रपात सम्भव हो जाता।¹

आकाश की मेघाच्छन्नता भी सूर्याभिताप पर गहरा प्रभाव डालती है क्योंकि मेघ सूर्याभिताप को पुनः प्रतिबिम्बित करने में बड़े महत्त्वपूर्ण सिद्ध होते हैं। इस कारण धरातल पर आने वाली सूर्य-शक्ति में कुछ न्यूनता आ जाती है। अतः किसी भी स्थान का औसत वार्षिक तापमान वहाँ की मेघाच्छन्नता पर निर्भर करता है। उदाहरणतः, अफ्रीका में सबसे ऊँचे औसत वार्षिक तापमान भूमध्य रेखा पर नहीं पाये जाते जहाँ कि सूर्य से आने वाली शक्ति की मात्रा सबसे अधिक रहती है, परन्तु वे भूमध्य रेखा के उत्तर और दक्षिण मरुस्थलों पर पाये जाते हैं जहाँ कि आकाश सदा स्वच्छ रहता है। अफ्रीका में भूमध्य रेखा पर औसत वार्षिक तापमान 82° फा० रहते हैं परन्तु 20° उत्तरी अक्षांश पर स्थित सहारा में तापमान का वार्षिक औसत 89° फा० रहता है। यद्यपि यहाँ सूर्य की किरणों द्वारा निमित्त कोण अपेक्षतया छोटा होता है किन्तु भूमध्य रेखा (5.5 दशांश) की अपेक्षा सहारा (2.4 दशांश) पर मेघों की मात्रा की कमी उसको भूमध्य रेखा से 6° से 7° फा० तक अधिक गरम कर देती है।² हारविज (Haurwitz) ने काफी खोजबीन करके यह पता लगाया है कि मेघाच्छन्नता की विभिन्न अवस्थाओं में सूर्याभिताप का वार्षिक औसत प्रतिशत निम्न प्रकार रहता है :³

मेघाच्छन्नता (दशांश)	0;	1-3	4-7	8-9	10
सूर्याभिताप (प्रतिशत)	100;	93	82	68	41

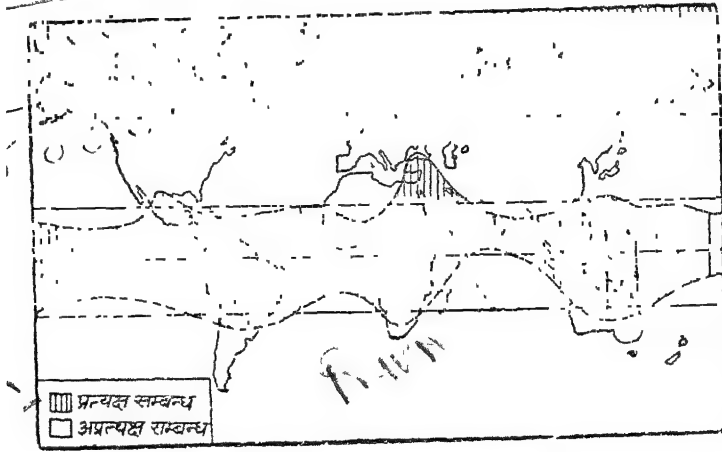
(5) सौर कलंकों की संख्या—चन्द्रमा के समान सूर्य के पृष्ठ पर भी कलंक हैं। इनका कोई निश्चित स्वरूप नहीं है। कुछ कलंक गहरे काले और कुछ उथले दिखाई पड़ते हैं। ये बराबर बनते और मिटते रहते हैं। धरातल पर प्राप्त होने वाली सौर-शक्ति और सूर्य-कलंकों की संख्या में घनिष्ठ सम्बन्ध है। जब सूर्य-कलंकों की संख्या अधिक होती है तो सौर-शक्ति भी अधिक प्राप्त होती है। कलंकों की संख्या कम होते ही सौर-शक्ति की मात्रा भी कम हो जाती है। ऐसा

¹ C. E. P. Brooks : *Climate Through the Ages*, p. 118

² *Ibid.*, p. 124

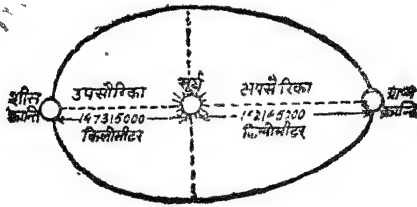
³ Haurwitz : *Climatology*, p. 122

अनुमान लगाया गया है कि कलकों के घटते-बढ़ते रहने से धरातल पर पहुँचने वाली सूर्याभिताप की मात्रा में सौर-स्थिरांक (solar constant) की औसत से तीन प्रतिशत तक का अन्तर पड़ जाता है।



चित्र 83—सूर्य-कलंक और सूर्य-ताप

(6) पृथ्वी से सूर्य की दूरी—पृथ्वी की कक्ष जिस पर कि वह सूर्य की परिक्रमा करती है, गोल न होकर कुछ अण्डाकार है। अतः सूर्य से पृथ्वी की दूरी सदैव एकसमान नहीं होती। उपसौरिका (perihelion) की अपेक्षा अपसौरिका (aphelion) की दशा में सूर्य से पृथ्वी की दूरी



अधिक होती है। अपसौरिका की अवस्था में पृथ्वी पर सूर्य से कम शक्ति प्राप्त होती है और उपसौरिका की दशा में अधिक। 21 जून को पृथ्वी से सूर्य की दूरी 9,40,00,000 मील रहती है और 22 दिसम्बर को यह दूरी 9,15,00,000 मील रहती है। अतः जून की अपेक्षा दिसम्बर में पृथ्वी पर प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा 7 प्रतिशत

चित्र 84—पृथ्वी की सूर्य से दूरी और सूर्य-ताप अधिक होती है। यही कारण है कि दक्षिणी गोलार्द्ध अपनी ग्रीष्मऋतु में उत्तरी गोलार्द्ध की ग्रीष्मऋतु की अपेक्षा अधिक सूर्याभिताप प्राप्त करता है। किन्तु चूँकि उत्तरी गोलार्द्ध में ग्रीष्मकाल अधिक लम्बा होता है, इसलिए दोनों गोलार्द्धों में वर्ष-भर की अवधि में प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा लगभग समान होती है।

(7) धरातल का रंग—सौर-ताप के वितरण पर धरातल के रंग का भी प्रभाव होता है। जहाँ धरातल की मिट्टी काले अथवा गहरे रंग की होती है वहाँ वह अधिक सौर-ताप को ग्रहण करती है। इसके विपरीत हल्के रंग अथवा रंगहीन मिट्टी वाला धरातल अपेक्षितया कम ताप सोखता है।

(8) धरातल की प्रकृति—धरातल की प्रकृति भी सौर-ताप के वितरण को बहुत अधिक प्रभावित करती है। धरातल की कुछ वस्तुएँ सौर-ताप को अधिक प्रतिबिम्बित करती हैं और कुछ कम। अतः जिन भागों में प्रतिबिम्बन अधिक होता है वहाँ सौर-ताप की मात्रा कम रहती है और जहाँ प्रतिबिम्बन कम होता है वहाँ सौर-ताप की मात्रा अधिक होती है। यही कारण है कि साधारण मिट्टी वाला धरातल पथरीले एवं बर्फ़ीले धरातल की अपेक्षा शीघ्र गरम हो जाता है क्योंकि पथरीले और बर्फ़ीले भागों का धरातल चिकना और चमकदार होता है जो ताप को अधिक प्रतिबिम्बित करता है।

लैण्ड्सबर्ग के अनुसार प्रतिबिम्बन से ताप-तरंगों का प्रतिशत ह्रास निम्न प्रकार रहता है :

धरातल	प्रतिबिम्बन से प्रतिशत ह्रास
हिम	80 से 90
बालू	13 से 18
वनस्पति	7 से 9
समुद्र जल	3 से 40

धरातल के जिन भागों में जल की प्रधानता होती है, वे सौर-ताप को कम सोखते हैं। स्थल प्रधान भाग सौर-ताप को अधिक ग्रहण करते हैं। इसी तरह कठोर भूमि वाले भाग वनस्पतिहीन भुरभुरी भूमि वाले भागों की तुलना में कम ताप प्राप्त करते हैं। मरुस्थलीय प्रदेश इसी कारण अधिक गरम होते हैं।

(9) **जल और स्थल का प्रभाव**—जल और स्थल भिन्न-भिन्न तापमान पर गरम और ठण्डे होते हैं। अतः धरातल पर जल और स्थल का वितरण भी सौर-ताप की मात्रा को प्रभावित करने में महत्वपूर्ण भाग लेता है।

सौर-ताप के वितरण का प्रभाव

पृथ्वी के धरातल पर सौर-ताप का वितरण असमान है। इस असमान वितरण का कई बातों पर प्रभाव पड़ता है। ध्रुव प्रदेशों की अपेक्षा विषुवतरेखीय प्रदेश अधिक गरम होते हैं। समुद्रों की अपेक्षा स्थल भाग अधिक गर्मी प्राप्त करते हैं। इसी तरह दिन को रात्रि की अपेक्षा और ग्रीष्म में शीतऋतु की अपेक्षा अधिक गर्मी प्राप्त होती है। मैदानी और मरुस्थलीय भाग अधिक गरम किन्तु पहाड़ी भाग कम गरम होते हैं।

वायुमण्डल का तापमान

(Air Temperature)

यद्यपि पृथ्वी के धरातल पर ताप का सबसे बड़ा साधन सूर्य ही है, परन्तु वायुमण्डल की हवा सूर्याभिताप द्वारा अंशतः ही गरम हो पाती है। सूर्याभिताप के सीधे सम्पर्क में आने वाली वायुमण्डल की हवा सूर्याभिताप की केवल 15 प्रतिशत शक्ति ही ग्रहण करती है। इसका कारण यह है कि सूर्य से आने वाली शक्ति सूक्ष्म लहरों (short waves) के रूप में आती है जिसे वह ग्रहण नहीं कर पाती। अतः सूर्य से आने वाली शक्ति पहले पृथ्वी के धरातल द्वारा ग्रहण की जाती है जो उसे पार्थिव शक्ति (Terrestrial energy) में बदल देती है। यही पार्थिव शक्ति पुनः धरातल से लम्बी लहरों (long waves) के रूप में बाहर निकलती है और अपने आसपास की वायु को गरम कर देती है। वायुमण्डल इस प्रकार सूर्य द्वारा परोक्ष रूप से तथा पृथ्वी द्वारा प्रत्यक्ष रूप से गरम होता है। इस तरह वायुमण्डल को गरम करने का मुख्य साधन पार्थिव ताप ही है।

पृथ्वी के धरातल की संरचना और उसकी अवस्थाएँ सर्वत्र एकसमान नहीं हैं। धरातल पर कहीं बड़े-बड़े समुद्र हैं और कहीं बड़े-बड़े महाद्वीप। कहीं लम्बे-चौड़े मरुस्थल हैं और कहीं विशाल बर्फ के मैदान। अतः पृथ्वी की ये भिन्नताएँ धरातल पर सूर्याभिताप को भिन्न प्रकार से प्रभावित करती हैं। इसलिए पृथ्वी के धरातल के भिन्न-भिन्न भाग भिन्न प्रकार से ही गरम और ठण्डे होते हैं। धरातल की इन भिन्नताओं में जल और स्थल का विभेद ही प्रधान है। अतः इनके गरम और ठण्डे होने की विधियाँ भी भिन्न हैं जिसके निम्न कारण हैं :

(1) थल की अपेक्षा जल में सूर्य की रश्मियाँ बहुत अधिक गहराई तक प्रवेश कर जाती हैं। इस कारण उन्हें जल के अधिक भाग को गरम करना पड़ता है। परन्तु ठोस पृथ्वी पर सूर्य की किरणें धरातल के समीप ऊपरी भाग में केन्द्रित रहती हैं जिससे स्थल का तापमान दिन में

बहुत शीघ्र बढ़ जाता है और रात्रि को पुनः शीघ्रता से घट जाता है। इसके विपरीत जल सूर्य-रश्मियों के अधिक गहराई तक पहुँचने के कारण धीरे-धीरे ही गरम होता है और धीरे-धीरे ही ठण्डा।

(2) धरातल के समुद्रों का बहुत-सा जल वाष्पीकरण द्वारा सदैव उड़ता रहता है। परन्तु धरातल के भू-खण्डों में वाष्प बनने की ऐसी कोई व्यवस्था नहीं देखी जाती। जल के वाष्प रूप में बदलने के लिए शक्ति की आवश्यकता होती है। अस्तु, स्थल की अपेक्षा जल को गरम करने के लिए अपेक्षितया कम शक्ति प्राप्त होती है।

(3) समुद्र का जल चंचल है। वह कभी शान्त नहीं रहता। धाराएँ, लहरे और ज्वार-भाटा जैसी समुद्र की गतियाँ जल की उष्णता को एक स्थान से दूसरे स्थान को तथा ऊपरी धरातल से निम्न धरातल को पहुँचाती रहती हैं। इस कारण समुद्र जल के उष्ण तथा ठण्डे होने में विलम्ब हो जाता है। यही कारण है कि समुद्र जल के ऊपर की वायु का दिन-रात अथवा गर्मी व जाड़े के तापमान का अन्तर बहुत ही कम होता है। परन्तु स्थल भाग स्थिर होने के कारण गर्मी एक ही स्थान पर एकत्रित होती रहती है, जिससे धरातल के कुछ भागों में तापमान का दैनिक अन्तर बहुत ही अधिक होता है।

(4) जल का सापेक्षिक घनत्व अधिक होने से थल की अपेक्षा जल को गरम करने में अधिक ताप शक्ति की जरूरत होती है। उदाहरणतः एक घन फुट पानी को एक अंश गरम करने में एक घन फुट भूमि से दुगुने ताप की आवश्यकता होती है। इसी प्रकार यदि जल एक अंश ठण्डा होता है तो स्थल उसी समय में दुगुना ठण्डा हो जायगा।

(5) समुद्र का जल पूर्णरूप से गरम या ठण्डा तभी होता है जबकि सम्पूर्ण जल पिण्ड गरम या ठण्डा नहीं हो जाता। जल की ऊपरी सतह जब ठण्डी होने लगती है तो निचली गरम सतहों से सवहन धाराएँ आकर ऊपरी सतह को भी गरम बनाये रखती हैं।

(6) स्थल की अपेक्षा जल में प्रतिबिम्बन शक्ति अधिक है। इसलिए जल पर पड़ने वाली सूर्य-किरणों की अधिकतर शक्ति प्रतिबिम्बित होकर नष्ट हो जाती है और जल को गरम करने में किसी प्रकार का योग नहीं देती। परन्तु पृथ्वी के धरातल से सूर्य-किरणों का बहुत कम प्रतिबिम्बन होता है। इस तरह धरातल को गरम करने में अधिक सूर्य-शक्ति प्राप्त होती है।

(7) सामान्यतः समुद्र बादलों से घिरे रहते हैं। बादल सूर्याभिताप को धरातल तक पहुँचने तथा पार्थिव शक्ति के पुनः निकलने में अवरोध उपस्थित करते हैं। इसका जल के गरम होने तथा ठण्डा होने दोनों पर प्रभाव पड़ता है।

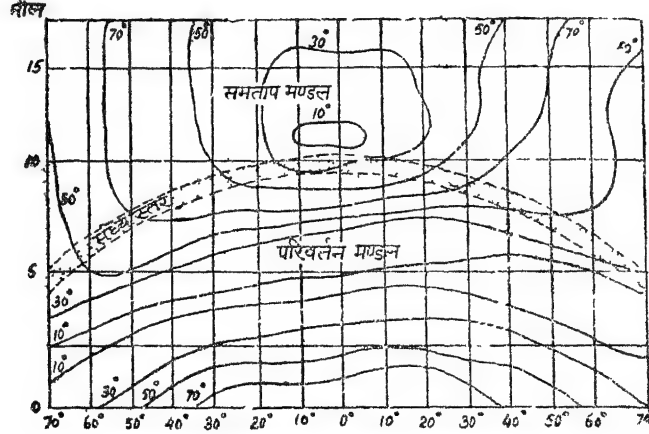
उपरोक्त कारणों के फलस्वरूप समान सूर्याभिताप मिलने की अवस्था में जल भागों की अपेक्षा स्थल भाग बहुत शीघ्र और अधिक गरम होते हैं और उसी प्रकार ठण्डे भी। इस अन्तर के कारण धरातल पर महाद्वीपीय और महासागरीय दो प्रमुख जलवायु प्रकट होती हैं। महाद्वीपीय जलवायु अधिक तापमान भेद के कारण 'विषम' (extreme) और महासागरीय जलवायु न्यून तापान्तर के कारण 'सम' (equable) कहलाती है।

वायुमण्डल का गरम तथा ठण्डा होना

जैसा कि पहले बताया जा चुका है, वायुमण्डल को गरम करने का सबसे बड़ा साधन पार्थिव शक्ति (terrestrial energy) ही है। परन्तु वे कौनसी भौतिक क्रियाएँ हैं जिनसे वायु ताप ग्रहण करती है और पुनः छोड़ती है, उन पर यहाँ विचार करना आवश्यक है। जिन भौतिक क्रियाओं द्वारा वायुमण्डल गरम तथा ठण्डा होता है वे निम्न हैं :

(1) सीधे सूर्याभिताप के प्रभाव से हवा का गरम होना—सूर्य से प्रसारित शक्ति सूक्ष्म लहरों के रूप में प्रकट होकर आती है। अतएव वायुमण्डल द्वारा सौरताप अपेक्षितया कम ही ग्रहण

किया जाता है। वायु द्वारा इस तरह ग्रहण किया गया ताप कुल सौर-ताप का केवल 15 प्रतिशत ही होता है। इसका भी आधा ताप धरातल के ऊपर दो किलोमीटर ऊँचाई तक की वायु द्वारा ग्रहण किया जाता है और शेष आधा वायुमण्डल के ऊपरी भाग में फैला रहता है। इस प्रकार



चित्र 85—वायुमण्डल में ताप का वितरण

उपरोक्त विधि से धरातल के समीप दिन का तापमान अंशतः ही बढ़ पाता है। इसका स्पष्ट प्रमाण यह है कि प्रायः जाड़े के दिनों में जबकि पृथ्वी का धरातल प्रतिबिम्बित बर्फ की चादर से ढका रहता है तो हवा का तापमान सूर्य की प्रखर किरणों के उपरान्त भी बहुत कम रहता है। सूर्य से आने वाली शक्ति का अधिकतर भाग वायु में मिली जलवाष्प और धूल-कणों द्वारा ग्रहण किया जाता है।

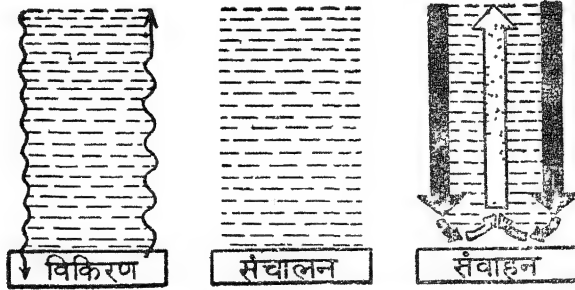
(2) संचालन (Conduction)—संचालन एक ऐसी भौतिक क्रिया है जिसके द्वारा ताप-शक्ति किसी पदार्थ द्वारा एक अणु से दूसरे अणु को स्थानान्तरित होती है। जैसे यदि लोहे की छड़ का एक सिरा गरम किया जाय तो संचालन द्वारा छड़ का दूसरा सिरा भी गरम हो जाता है। संचालन सदैव गरम पदार्थ से ठण्डे पदार्थ में होता है और जब तक दोनों पदार्थों का एक ही तापमान नहीं हो जाता, यह क्रिया चलती रहती है। दिन के समय पृथ्वी का धरातल सौर-ताप द्वारा गरम हो जाता है। इस कारण जब वायुमण्डल की शीतल वायु तप्त धरातल के सम्पर्क में आती है तो संचालन के द्वारा वह भी गरम हो जाती है। सर्दियों की ऋतु में रात्रि के समय जब निर्मल आकाश होता है तो धरती से शीघ्र ही बहुत अधिक ताप शून्य में प्रसारित हो जाता है। इससे धरातल का तापमान ऊपर की वायु के तापमान से भी बहुत अधिक गिर जाता है। अतः धरातल से लगी हुई वायु वायुमण्डल के ऊपर की वायु से अधिक शीतलता प्राप्त कर लेती है। सामान्यतः वायु में संचालन बहुत कम मात्रा में होता है। एक दिन अथवा रात में इसके द्वारा धरातल से कुछ फुट ऊपर तक ही प्रभाव हो पाता है। पर चूँकि वायुमण्डल में कई विक्षोभ होते रहते हैं जिससे यह प्रभाव वायुमण्डल में बहुत दूर तक पहुँच जाता है। संचालन द्वारा वायु का गरम होना मुख्यतः ग्रीष्मऋतु तथा दिन की क्रिया है। वायुमण्डल में ताप स्थानान्तरण की अन्य विधियों की तुलना में संचालन विधि बहुत कम महत्वपूर्ण है।

(3) संवहन (Convection)—किसी स्थान की वायु जब संचालन और विकिरण द्वारा बहुत अधिक गरम हो जाती है तो गर्मी पाकर वायु हल्की हो जाती है। परन्तु इसके आसपास ठण्डी और भारी वायु विद्यमान रहती है। आसपास की यह शीतल और भारी वायु इस उष्ण और हल्की वायु को ऊपर की ओर धकेलती है। इस प्रकार उष्ण वायु ऊपर उठती है और ठण्डी वायु

उसका स्थान लेने के लिए नीचे आती है। गरम और ठण्डी वायु के क्रमशः ऊपर-नीचे चलने की क्रिया से जो तापमान का स्थानान्तरण होता है, उस क्रिया को ही संवहन कहा जाता है। संवहन धाराएँ न केवल निचले वायुमण्डल में ही ताप को स्थानान्तरित करती हैं, अपितु ऊपरी वायुमण्डल को गरम करने में भी मदद करती हैं।

वायु की इस साधारण संवहन विधि के अतिरिक्त कभी-कभी वायुमण्डल में अन्य ढंगों से भी भारी उथल-पुथल हो जाती है जिससे वायु बड़ी शीघ्रता से ऊपर-नीचे चलने लगती है।

संवहन से सम्बन्धित दूसरी महत्वपूर्ण क्रिया वाष्पीकरण और सघनन है। जब धरातल से जल वाष्प रूप में परिणत होता है तो इस क्रिया में व्यय होने वाली बहुत अधिक ताप-शक्ति धरातल में जलवाष्प में गुप्त ताप-शक्ति (latent heat) के रूप में ऊपर पहुँच जाती है। जब जलवाष्प



चित्र 86—वायु के गरम होने की विधियाँ

ऊपर सघन होकर बादल बनने लगती है तो यह गुप्त ताप-शक्ति (latent heat) पुनः वायुमण्डल में छोड़ दी जाती है जिससे वायुमण्डल की हवा गरम हो जाती है।

(4) विकिरण (Radiation)—सूक्ष्म लहरों के रूप में आने वाली सौर-शक्ति पहले पृथ्वी के धरातल द्वारा ग्रहण की जाती है। धरातल इसे ग्रहण कर ताप में बदल देता है। सूर्याभिताप को इस प्रकार ग्रहण करने और उसे ताप में बदल देने से पृथ्वी का धरातल गरम हो उठता है। फलतः उत्पन्न धरातल ताप को पुनः शून्य में प्रसारित करने लगता है। यद्यपि वायुमण्डल सूक्ष्म लहरों के रूप में आने वाली सौर-शक्ति को अपेक्षाकृत बहुत ही कम मात्रा (15%) में सीधे तौर पर ग्रहण कर पाता है परन्तु वह लम्बी लहरों के रूप में निकलने वाली धरातल की पार्थिव शक्ति का 90 प्रतिशत भाग ग्रहण कर लेता है। जैसा कि पहले बताया गया है, जलवाष्प ताप को ग्रहण करने वाली प्रमुख गैस है। जलवाष्प द्वारा ताप ग्रहण करने की इस शक्ति का धरातल से प्रसारित होने वाली शक्ति (heat) पर गहरा प्रभाव पड़ता है। हम देखते हैं कि मरुस्थलों में जहाँ वायु प्रायः शुष्क और आकाश स्वच्छ रहता है रात्रि को बहुत शीघ्र तापमान गिर जाते हैं। वस्तुतः वायुमण्डल का प्रभाव उस खिड़की के काँच के समान है जो सूक्ष्म लहरों के रूप में आने वाली सूर्य शक्ति को तो निकलने देता है परन्तु धरातल से लम्बी लहरों के रूप में निकलने वाली शक्ति को रोक देता है। इस तरह यह धरातल के तापमान को काफी ऊँचा बनाये रखता है। इस क्रिया को इस कारण वायुमण्डल का ग्रीन हाउस इफेक्ट (Green House Effect) कहा जाता है।

वायुमण्डल के ऊपरी भाग में कई प्रकार की गैसें—कार्बन, ऑक्सीजन और ओजोन आदि—और धूल-कण भी स्वतन्त्र रूप से सूर्याभिताप को ग्रहण करते हैं और फिर गरम होकर स्वयं ताप-शक्ति को प्रसारित करते हैं। इनके द्वारा प्रसारित ताप पृथ्वी के धरातल को गरम करने में महत्वपूर्ण भाग लेता है। इस प्रकार यह पृथ्वी से नष्ट होने वाली ताप-शक्ति को बनाये रखने में सहयोग देता है। उष्ण कटिबन्ध के बाहर जाड़े के मौसम में गरमी का सबसे बड़ा साधन होता है।

ताप के स्थानान्तरण में संचालन, संवहन तथा वायु-वहन आदि कई विधियाँ प्रयोग में आती हैं। इन समस्त विधियों द्वारा ताप स्थानान्तरण में किसी भौतिक साधन की आवश्यकता होती है। परन्तु इन सबके प्रतिकूल विकिरण एक ऐसी विधि है जिसके द्वारा शून्य में ताप का स्थानान्तरण बिना किसी भौतिक साधन के ही सरलता से हो सकता है। अतः यही एक ऐसा साधन है जिसके द्वारा सूर्य से गर्मी प्राप्त की जा सकती है या पृथ्वी अपनी समस्त शक्ति पूरी तरह शून्य में प्रसारित कर सकती है। चूँकि पृथ्वी सदा ही अपेक्षित या स्थिर तापमान (constant temperatures) बनाये रखना चाहती है, इसलिए यह आवश्यक है कि वह सूर्य से जितनी शक्ति प्राप्त करती है वह धरातल से निकलकर शून्य में नष्ट होने वाली शक्ति के बराबर हो जाय।

(5) वायु-वहन—धरातल पर प्रायः एक स्थान की वायु दूसरे स्थान की ओर प्रवाहित होती रहती है। हवा के प्रवाह के साथ उसका तापमान भी रहता है। अतः जब कोई वायु राशि एक स्थान से दूसरे स्थान को पहुँचती है तो वह उस स्थान के तापमान को भी परिवर्तित कर देती है। गरम स्थानों से आने वाली हवा का प्रभाव गरम और ठण्डे स्थानों से आने वाली हवा का प्रभाव ठण्डा होता है।

सम्पूर्ण पृथ्वी को ध्यान में रखते हुए ताप स्थानान्तरण की यह सर्वाधिक महत्वपूर्ण विधि है। यही नहीं, मध्य अक्षांशों में जहाँ दिन-प्रतिदिन मौसम बदलता रहता है और जाड़ों में बहुत तूफान आया करते हैं, उन सबका एकमात्र कारण धरातल पर चलने वाली ये हवाएँ ही हैं। पवनो का यह वहन उन स्थानों पर विशेष महत्वपूर्ण होता है जहाँ उन्हें रोकने के लिए कोई पहाड़ आदि नहीं होते। उत्तरी अमरीका के पूर्वी भाग में जहाँ मैदान ही मैदान है, उत्तर से चलने वाली ठण्डी हवाएँ मेक्सिको की खाड़ी तक पहुँच जाती हैं, जिससे वहाँ कई बार भीषण पाला गिरने लगता है।

(6) दाब परिवर्तन (Adiabatic Change)—जब वायु ऊपर उठती है तो वह नीचे के अधिक दाब वाले प्रदेश से ऊपर के कम दाब वाले प्रदेश को पहुँच जाती है। इसलिए ज्यों-ज्यों वायु ऊपर उठती है वह नीचे की वायु के दाब से मुक्त होती जाती है। वायु के दाब मुक्त होने से वह फैलती है। वायु के इस प्रकार फैलने में उसको अपने आसपास की वायु को धकेलना पड़ता है जिससे उसकी शक्ति नष्ट हो जाती है। फलतः वायु के ऊपर उठकर फैलने से वह ठण्डी हो जाती है। इस क्रिया के द्वारा प्रति 1000 फुट की ऊँचाई पर वायु का लगभग 5.3° फा० तापमान तक हो जाता है।

जिस प्रकार ऊपर उठती हुई वायु ठण्डी होती है उसी प्रकार नीचे उतरती हुई वायु गरम होती है। क्योंकि वायु जब ऊपर से नीचे आती है तो वह कम वायुदाब के प्रदेश से अधिक वायुदाब के प्रदेश को स्थानान्तरित हो जाती है। ऊपर से आने वाली हल्की वायु को नीचे आने पर घनी और अधिक दाब वाली वायु-तहों को पार करना पड़ता है जिससे उसके ऊपर बराबर सम्पीडन (compression) बढ़ता है। सम्पीडन के कारण उसका तापमान बढ़ जाता है। इस सम्पीडन द्वारा वायु के गरम होने और फैलाव द्वारा ठण्डा होने में किसी प्रकार ताप का स्थानान्तरण नहीं होता, बल्कि वायु के तापमान में यह परिवर्तन वायु के दबाव के घटने-बढ़ने से होता है।

तापमान का दैनिक परिवर्तन (Daily Range of Temperature)

पृथ्वी की दैनिक गति और उसकी गोलाई के कारण प्रत्येक समय उसका केवल आधा भाग सूर्य के सामने रहता है और आधा अन्धकार में। सामने वाले भाग में सूर्य का प्रकाश प्राप्त होने से दिन और विपरीत भाग में रात्रि होती है। दिन के समय सूर्य-प्रकाश अथवा सूर्य की किरणों के कारण धरातल का तापमान बढ़ता है और रात्रि को वह घटता है। दिन को जितना ही तापमान पृथ्वी को प्राप्त होता है रात्रि को वह पुनः निकल जाता है। इससे रात और दिन के तापमान का

अन्तर क्रमशः कम होता जाता है। पर सदा ही ऐसा नहीं होता। दैनिक तापमान अन्तर के इस सामान्य नियम पर कई भौगोलिक बातों का प्रभाव पड़ता है।¹

समुद्र से दूरी, समुद्र-तल से ऊँचाई, धरातल की विशेषताएँ और मेघाच्छन्नता आदि सब ऐसे कारण हैं जो तापमान के अन्तर पर प्रभाव डालते हैं।

(1) जो स्थान समुद्र से दूर महाद्वीपों के भीतर स्थित होते हैं, वहाँ का दैनिक तापान्तर समुद्र के निकट वाले स्थानों से अधिक रहता है।

(2) ऊँचे पहाड़ी अथवा पठारी भागों में हवा के हल्के होने के कारण दिन को भूमि शीघ्र ही गरम हो जाती है और रात्रि को जल्दी ही ठण्डी। इसलिए ऊँचे स्थानों पर मैदानी भागों की अपेक्षा तापान्तर ज्यादा पाया जाता है।

(3) जो भू-भाग बर्फ से ढके रहते हैं वहाँ तापान्तर अधिक रहता है। इसी प्रकार खुले हुए उष्ण मरुस्थलों में शुष्क वायु तथा निर्मल आकाश रहने के कारण तापान्तर बहुत अधिक बढ़ जाता है।

(4) जब आकाश बादलों से ढका रहता है, उन दिनों तापान्तर कम हो जाता है क्योंकि बादल सूर्याभिताप को पृथ्वी तक पहुँचने और पाथिव ताप को विकिरण द्वारा नष्ट होने में बाधा डालते हैं।

तापमान का वार्षिक अन्तर (Annual Range of Temperature)

जैसा कि हमें ज्ञात है, पृथ्वी अपने कक्ष पर झुकी हुई है और उसी झुकी हुई अवस्था में वह सूर्य का चक्कर लगाती है। इन विशेषताओं के फलस्वरूप पृथ्वी के भिन्न-भिन्न अक्षांशों पर सूर्य की किरणें कभी सीधी और कभी तिरछी चमकती हैं और साथ ही दिन की लम्बाई भी घटती-बढ़ती रहती है। इस कारण प्रत्येक स्थान पर तापमान बदलता रहता है अर्थात् ऋतु-परिवर्तन होता रहता है। धरातल पर यह ऋतु-परिवर्तन ही वार्षिक तापान्तर का मुख्य आधार है। ग्रीष्मकाल में सूर्य आकाश में काफी ऊँचा चमकता है जिससे धरातल पर सूर्य की किरणें अपेक्षितया सीधी गिरती हैं। साथ ही भूमध्य रेखा से दूर स्थित प्रदेशों में भी सूर्य अधिक देर तक चमकता है। इन दोनों ही कारणों से ग्रीष्मऋतु में अधिक ताप मिलता है और मौसम गरम हो जाता है। इसके विपरीत शीतऋतु में न तो सूर्य ही अधिक देर तक चमकता है और न सूर्य की किरणें ही सीधी गिरती हैं। परिणामस्वरूप जाड़े के मौसम में धरातल को सूर्य से बहुत कम उष्णता प्राप्त होती है जिससे मौसम ठण्डा हो जाता है। इस प्रकार किसी भी स्थान पर उच्चतम तापमान ग्रीष्मऋतु में और निम्नतम तापमान शीतऋतु में ही होते हैं। अतः ग्रीष्मकाल के उच्चतम और शीतकाल के निम्नतम तापमान के बीच का अन्तर ही वार्षिक तापान्तर (Annual Range of Temperature) कहलाता है।

ऋतु-परिवर्तन के अतिरिक्त वार्षिक तापान्तर पर कई स्थानीय कारणों का भी प्रभाव पड़ता है। जैसे जल और स्थल का विस्तार, समुद्रों में उष्ण और ठण्डी जल-धाराओं का प्रवाह, वायुमण्डल का बादलों से ढका रहना और पवनों का चलना आदि। इन सभी कारणों से वार्षिक तापान्तर में परिवर्तन आ जाता है।

वार्षिक तापमान परिवर्तन की प्रमुख विशेषताएँ

(1) सामान्यतः भूमध्य रेखा के समीप लगभग 10° उत्तर तथा 10° दक्षिण के बीच सूर्य की किरणें सदा ही सीधी चमकती हैं जिससे यहाँ साल-भर औसत तापमान एकसे रहते हैं। अतः इस भाग में वार्षिक तापान्तर नहीं पाया जाता।

¹ A. F. M. Geddes : *Meteorology*, pp. 69-72

(2) भूमध्य रेखा से अयन रेखाओं के बीच में अर्थात् उष्ण कटिबन्ध में सूर्य की किरणों से बनने वाले कोण में अधिक अन्तर नहीं पड़ता। इसलिए उष्ण कटिबन्ध में वार्षिक तापान्तर बहुत कम रहता है।

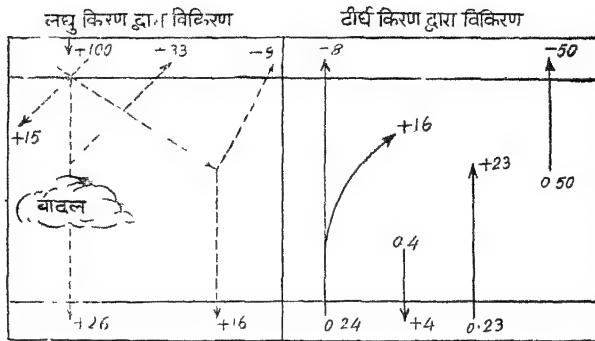
(3) सबसे अधिक तापमान का वार्षिक अन्तर शीतोष्ण कटिबन्ध और शीत कटिबन्ध में पाया जाता है। इन भागों में जब सूर्य आकाश में काफी ऊँचा होता है तो दिन बड़े होते हैं और तापमान अधिक मिलता है। पर जब सूर्य आकाश में कम ऊँचा होता है तो दिन छोटे और रातें लम्बी होती हैं। इससे तापमान भी बहुत नीचे रहते हैं। अतः इन भागों में वार्षिक तापमान के बीच भारी अन्तर उपस्थित हो जाता है।

(4) समुद्रतटों के समीप भीतरी भागों की अपेक्षा समुद्र के सम प्रभाव के कारण वार्षिक तापान्तर कम रहता है। विशेषकर जिन तटों पर गरम धाराएँ बहती हैं वहाँ यह अन्तर और कम हो जाता है।

(5) दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थल की अपेक्षा जल का विस्तार अधिक होने से वार्षिक तापान्तर कम रहते हैं। परन्तु उत्तरी गोलार्द्ध में जल से थल की अधिकता होने से वार्षिक तापान्तर अधिक रहते हैं।

वायुमण्डल में तापमान का सन्तुलन (Heat Balance in the Atmosphere)

पृथ्वी का औसत तापमान लगभग एकसा रहता है, न कभी वह बढ़ता है और न कभी घटता है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि पृथ्वी जितनी मात्रा में सूर्य से ताप ग्रहण करती है, उतनी ही मात्रा में वह विकिरण द्वारा पुनः शून्य में प्रसारित कर देती है। तापमान का यह



चित्र 89—उत्तरी गोलार्द्ध में औसत ताप सन्तुलन (प्राप्त होने वाले सूर्यताप के अनुसार प्रतिशत आँकड़ों में)

सन्तुलन यद्यपि सम्पूर्ण पृथ्वी के लिए ठीक है परन्तु विशेष अक्षांशों के लिए यह सही नहीं है। निम्न अक्षांशों में 37° अक्षांशों से विषुवत रेखा की ओर सूर्य से प्राप्त शक्ति पृथ्वी से विकिरण द्वारा नष्ट होने वाले ताप से अधिक होती है। पर 37° अक्षांश से ध्रुवों की ओर इसकी ठीक विपरीत अवस्था होती है। इसका अर्थ यह हुआ कि निम्न अक्षांशों में तापमान बराबर बढ़ते रहने चाहिए और मध्य तथा उच्च अक्षांशों में बराबर घटते रहने चाहिए। किन्तु धरातल पर कहीं भी उपरोक्त अवस्था नहीं देखी जाती। अतः इस व्यवस्था के प्रभावित करने वाले निश्चय ही कोई दूसरे कारण होने चाहिए। पृथ्वी पर तापमान की समानता तभी सम्भव हो सकती है जबकि निम्न अक्षांशों से ताप उच्च अक्षांशों को स्थानान्तरित होता रहे। धरातल पर तापमान का यह

स्थानान्तरण पवनो द्वारा होता है। वस्तुतः विभिन्न अक्षाणो पर सौर-ताप का असमान वितरण ही धरातल पर पवनो के चलने तथा वायुमण्डल की अनेक प्रक्रियाओ व ऋतु-परिवर्तन का कारण है।¹ निम्न तालिका मे पृथ्वी और वायुमण्डल मे ताप का सन्तुलन बताया गया है :

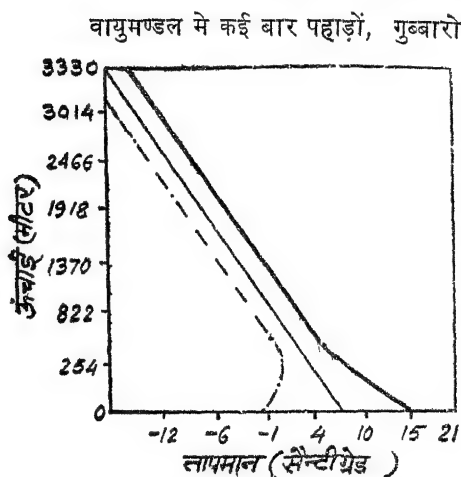
पृथ्वी के धरातल पर ताप का सन्तुलन

प्राप्त सूर्य-ताप		नष्ट हुआ सूर्य-ताप	
सीधे विकिरण द्वारा	27 प्रतिशत	विकिरण द्वारा	24 प्रतिशत
विसरित विकिरण द्वारा	16 प्रतिशत	सघनन तथा वाष्पीकरण द्वारा	23 प्रतिशत
विशुद्ध स्थानान्तर द्वारा	4 प्रतिशत		
योग	47 प्रतिशत		47 प्रतिशत

वायुमण्डल का ताप सन्तुलन

प्राप्त सूर्य-ताप		नष्ट हुआ सूर्य-ताप	
सोखने की क्रिया द्वारा	15 प्रतिशत	विकिरण द्वारा	50 प्रतिशत
भू-विकिरण द्वारा	16 प्रतिशत	मिश्रण द्वारा	4 प्रतिशत
सघनन द्वारा	23 प्रतिशत		
योग	54 प्रतिशत		54 प्रतिशत

तापमान का लम्बवत वितरण
(Vertical Distribution of Temperature)



चित्र 90—तापमान का लम्बवत वितरण

वायुमण्डल मे कई बार पहाड़ों, गुब्बारो, हवाई जहाजो तथा पतंगों द्वारा तापमान का निरीक्षण करने से पता चला है कि सामान्य अवस्थाओ मे ऊँचाई के साथ बराबर तापमान कम होता जाता है। यद्यपि ऊँचाई के साथ तापमान घटने की कोई समान गति नहीं है। वह मौसम, स्थिति तथा दिन के अनुसार कम-अधिक होती रहती है, परन्तु इसका औसत लगभग समान रहता है। प्रति एक हजार फुट की ऊँचाई पर 3.3° फा० तापमान कम हो जाता है।² तापमान के इस प्रकार कम होने से यह स्पष्ट प्रतीत होता है कि वायुमण्डल प्रत्यक्ष रूप से धरातल द्वारा ही गरम होता है। सूर्य का प्रभाव अप्रत्यक्ष होता है। अतः धरातल के समीप वायु अधिक गरम रहती है।

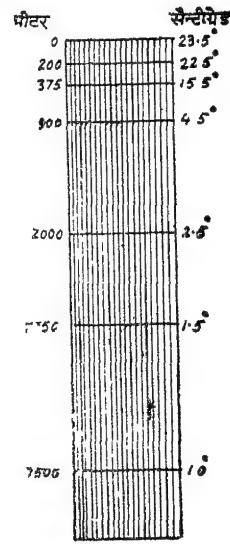
¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geograpy*, p. 37

² हॉन के अनुसार तापमान का ह्रास इस प्रकार है :

प्रथम	180 मीटर तक	1° से०
उसके ऊपर	200 मीटर तक	1° से०
उसके ऊपर	250 मीटर तक	1° से०
अर्थात्	630 मीटर में	3° से०

परन्तु धरातल के समीप वायु के अधिक गरम होने का यही एक कारण नहीं है। वहाँ वायु के अधिक गरम होने का एक बड़ा कारण यह भी है कि वह भारी होती है और उसमें जलवाष्प तथा धूल-कण आदि अधिक मात्रा में रहते हैं। फलतः धरातल के समीप की वायु पार्थिव शक्ति को ऊपरी शुष्क, हल्की तथा स्वच्छ वायु की अपेक्षा ग्रहण करने में अधिक सफल होती है। अतः वायु-मण्डल के निचले भागों में वायु की सघनता तथा गर्मी को सुरक्षित रखने वाली गैसों की अधिकता से वायु अधिक उष्ण रहती है और ज्यों-ज्यों हम ऊपर उठते जाते हैं, गर्मी कम होती जाती है। परन्तु ऊँचाई के साथ तापमान कम होने के इस सामान्य नियम में दो अपवाद हैं—पहला, समताप-मण्डल और दूसरा, तापमान की विलोमता की दशाएँ।

सन् 1899 व 1902 में टेसेरेन (Teisserene) व आसमन (Asman) नामक वैज्ञानिकों ने गुब्बारों की सहायता से पता लगाया कि वायुमण्डल में लगभग 7 मील की ऊँचाई पर तापमान का कम होना यथायक रुक जाता है और उसके ऊपर तापमान लगभग एकसे रहते हैं। उन्होंने बताया कि इस ऊँचाई के बाद तापमान सदैव समान रूप से -65° फा० रहते हैं। परन्तु स्थिर तापमान वाले मध्यस्तर (tropopause) की ऊँचाई सब जगह समान नहीं होती। इसकी ऊँचाई अक्षांशों के अनुसार घटती-बढ़ती है। विषुवत रेखा पर यह ऊँचाई लगभग 10 मील, 45 से 50 अक्षांशों के बीच 6 मील और ध्रुवों पर 4 मील ही है। भिन्न-भिन्न स्थानों पर इन ऊँचाइयों के उपरान्त तापमान का कम होना बन्द हो जाता है और तापमान की अवस्थाएँ दूसरे 12 मील तक लगभग अपरिवर्तनशील रहती हैं। किन्तु हाल ही में ऐसी ऊँचाइयों पर जहाँ गुब्बारे आदि नहीं पहुँच सकते उल्काओं की गति, चमक और उनके मार्ग की लम्बाई आदि बातों के आधार पर गणना करने से जो परिणाम सामने आये हैं, वे आशा के विपरीत बड़े ही आश्चर्यजनक हैं। ऐसा ज्ञात होता है कि मध्य अक्षांशों में 6 या 7 मील से 34 मील तक तापमान लगभग 65° फा० ही रहते हैं, परन्तु 37 मील की ऊँचाई के उपरान्त तापमान पुनः बहुत ऊँचे हो जाते हैं। उनकी तुलना धरातल के तापमान से की जा सकती है।¹



चित्र 91—ताप का लम्बवत वितरण

यद्यपि 7 मील की ऊँचाई तक प्रति 3000 फुट पर औसत रूप से 1° फा० तापमान कम हो जाता है परन्तु समस्त दूरी तक तापमान के कम होने की एक ही गति नहीं होती। गोल्ड (Gold) ने बताया है कि 2 किलोमीटर ($1\frac{1}{2}$ मील) तक तापमान के कम होने की गति बहुत अधिक पवन की दिशा और वर्ष के समयानुसार होती है। पतंगों के द्वारा प्राप्त परिणामों से यह ज्ञात होता है कि 3 किलोमीटर तक तापमान 388 फुट पर 1° फा० कम होता है।

भारत में कुछ स्थानों पर ऊँचाई के अनुसार वायु के शीतल होने की गति किस प्रकार रहती है? यह अग्र तालिका में दिया गया है² :

- 1 G. M. B. Dobson : *The Uppermost Regions of the Earth's Atmosphere (The Halley Lecture)*, (Oxford University Press).
- 2 C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 377

महीने	दार्जिलिंग 6941 फुट गोलपारा 386 फुट		चक्राता 7051 फुट रङ्की 886 फुट		पंचमढी 3504 फुट होशंगाबाद 1020 फुट	
	तापमान का अन्तर (फा० मे)	ऊँचाई प्रति (1° फा०)	तापमान का अन्तर (फा० मे)	ऊँचाई प्रति (1° फा०)	तापमान का अन्तर (फा० मे)	ऊँचाई प्रति (1° फा०)
जनवरी	21.5	305	16.0	385	9.1	373
फरवरी	23.6	278	17.6	350	8.8	282
मार्च	23.2	282	20.3	304	8.6	289
अप्रैल	20.9	313	20.8	296	8.9	279
मई	18.4	356	22.3	276	9.7	256
जून	17.1	383	21.6	285	10.8	230
जुलाई	17.5	374	19.4	318	9.4	264
अगस्त	17.8	368	19.6	314	9.3	267
सितम्बर	18.4	356	19.9	310	9.2	270
अक्टूबर	20.3	322	17.3	356	10.4	239
नवम्बर	20.9	313	12.1	509	11.2	224
दिसम्बर	21.2	309	12.5	493	9.2	270
वर्ष का औसत	20.1	330	18.3	350	9.5	262

साधारणतः सभी इस बात से परिचित हैं कि भारत जैसे उष्ण देश में समुद्रतल से ऊँचाई का वहाँ की जलवायु पर बड़ा गहरा प्रभाव होता है। ऊँचाई के प्रभाव से जलवायु कुछ बदल जाती है। यही कारण है कि ग्रीष्मऋतु में बहुत-से लोग पहाड़ी स्थानों—शिमला, नैनीताल, उटक-मण्ड आदि—पर चले जाते हैं, क्योंकि वहाँ अवस्थाएँ अधिक अनुकूल और स्वास्थ्यवर्द्धक होती हैं।

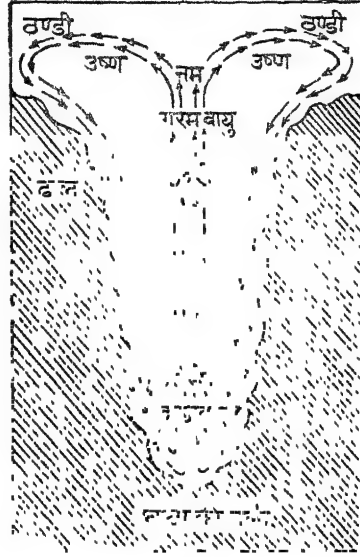
साथ-साथ यह भी ध्यान देने योग्य है कि विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर जिस प्रकार वनस्पति बदल जाती है उसी प्रकार का क्रम हम उष्ण प्रदेशों में भी पहाड़ों पर ऊँचाई के साथ देख सकते हैं। सिक्किम हिमालय की घाटियों में अयनवृत्तीय पेड़-पौधों (tropical plants) की प्रचुरता पायी जाती है जबकि दार्जिलिंग की ऊँचाई पर शीतोष्ण कटिबन्ध के पाइन (pine) के वृक्ष देखे जाते हैं। किन्चिनजंगा के निम्न ढालों पर जो हिमरेखा के आसपास है—केवल ध्रुवीय अथवा एल्पाइन वनस्पति ही पायी जाती है। कुमायूँ हिमालय के लिए भी यही बात सही है, परन्तु दक्षिण के पठार, बड़े मैदान और असम की पहाड़ियों पर—जहाँ कि हिमरेखा नहीं पहुँचती—पूर्णतः उष्ण कटिबन्ध की वनस्पति ही पायी जाती है।¹

तापमान का प्रतिलोमन (Inversion of Temperatures)

सामान्यतः परिवर्तन मण्डल में ऊँचाई के साथ तापमान घटता जाता है। इसलिए धरातल के ऊपर वायु-तहों की सामान्य व्यवस्था उष्ण शीतल और अधिक शीतल के रूप में पायी जाती है।

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 378

किन्तु कभी-कभी ऐसा देखा जाता है कि स्थानीय अथवा कालिक रूप से ऊँचाई के बढ़ने पर तापमान घटने की अपेक्षा बढ़ते जाते हैं। इस अवस्था को ऋणात्मक ताप-पतन-दर (negative lapse rate) कहा जाता है। इस अवस्था में नीचे अपेक्षाकृत ठण्डी वायु की परत और उसके ऊपर गर्म वायु की परत स्थित होती है। इस दशा को तापमान का प्रतिलोमन (inversion of temperature) कहा जाता है। द्विवार्त्ता महोदय के शब्दों में, 'The condition in which the colder air is nearer the earth and the warmer air is aloft, is called a temperature inversion.'¹



चित्र 92—तापमान की विलोमता

तापमान के प्रतिलोमन की यह दशा अर्ध-कांशतः धरातल के निकट पायी जाती है, परन्तु कई बार धरातल से कुछ सौ मीटर की ऊँचाई पर भी यह स्थिति देखी जाती है। सामान्यतः ऊँचाई पर होने वाला प्रतिलोमन अधिक स्थायी होता है जबकि धरातल के निकट होने वाला प्रतिलोमन अल्पकालिक होता है। इसका कारण यह है कि विकिरण द्वारा धरातल के निकट ठण्डी परत का शीघ्र लोप हो जाता है जबकि पार्थिव विकिरण के द्वारा ऊपरी गर्म परत को ठण्डा करने में काफी समय लग जाता है। तापीय प्रतिलोमन की दशा घाटियों, हिमाच्छादित प्रदेशों, ध्रुवीय प्रदेशों, मध्य अक्षांशों तथा गर्म एवं ठण्डी जलधाराओं के सगम स्थलों पर अधिक देखी जाती है।

तापमान की विलोमता के प्रकार (Kinds of Inversion of Temperature)

(1) धरातलीय विलोमता (Surface Inversion)—साधारणतः समतापमण्डल के निचले तल तक ऊँचाई के अनुसार तापमान कम होता जाता है। परन्तु जब कभी जाड़े की स्वच्छ और शान्त रात्रि को धरातल बर्फ से ढक जाता है तो वायुमण्डल की निचली हवा कई सौ फुट तक ऊपरी हवा से अधिक शीतल हो जाती है। ऐसी दशा में वायुमण्डल की सामान्य दशा उल्टी हो जाती है। धरातल के निकट अधिक ठण्डी वायु और ऊपर अपेक्षतया उष्ण वायु रहती है। इस प्रकार वायुमण्डल के निचले भाग में ऊँचाई के अनुसार तापमान घटने के स्थान पर बढ़ने लगते हैं। वायुमण्डल में तापमान की स्थिति को ही तापमान की विलोमता (inversion of temperature) कहते हैं।

सामान्यतः तापमान की विलोमता शीतोष्ण कटिबन्ध के मैदानों में होती है परन्तु इसका स्पष्ट रूप पर्वतीय भागों में देखने को मिलता है। विकिरण द्वारा रात्रि को पृथ्वी का धरातल बहुत अधिक ठण्डा हो जाता है, किन्तु पहाड़ी सिरों और घाटियों से ढाल अपनी ऊँचाई के कारण और भी भयानक रूप से ठण्डे हो जाते हैं। इस कारण पहाड़ी सिरों और घाटियों के ढालों से लगी हुई वायु बहुत अधिक ठण्डी हो जाती है। परन्तु इसके विपरीत घाटियों के निचले भाग तथा मैदान में वायु इतनी अधिक ठण्डी नहीं होने पाती। घाटियों की वायु पहाड़ी ढालों की वायु की अपेक्षा गरम

¹ Finch & Trewartha ; *Elements of Physical Geography*.

रहती है। अतः पहाड़ी ढालों की ठण्डी और भारी वायु ढालों से नीचे घाटियों की ओर खिसकने लगती है और घाटी में एकत्रित हो जाती है। घाटियों की गरम और हल्की वायु ठण्डी वायु का स्थान लेने के लिए ऊपर उठकर पहाड़ी ढालों पर चली जाती है। यह वायु चूँकि वहाँ ठण्डे धरातल के अधिक सम्पर्क में नहीं आ पाती है अतएव अपेक्षित गरम रहती है और वही ठहरी रहती है। पहाड़ी ढालों पर छाया हुई इस गरम वायु के ऊपर पुनः वायु का तापमान ऊँचाई के अनुसार घटता रहता है। वायुमण्डल में विकिरण द्वारा जब तापमान की ऐसी विपरीत स्थिति उत्पन्न हो जाती है तो उसे अप्रवाही विलोमता (static inversion) कहते हैं।

धरातली अथवा अप्रवाही विलोमता ध्रुवीय प्रदेशों की एक सामान्य दशा है। यहाँ ग्रीष्म एवं शीत दोनों ऋतुओं में ऐसी दशा मिलती है। यहाँ विलोमता की पेटी की औसत मोटाई लगभग 0.6 मील होती है। ऊँचे मध्यवर्ती अक्षांशों में हिमाच्छादित स्थल भागों में भी शीतऋतु में अप्रवाही विलोमता एक सामान्य बात है, किन्तु ध्रुवों की अपेक्षा यहाँ विलोमता-पेटी की मोटाई बहुत कम होती है। समुद्री भागों में जहाँ दिन के धरातलीय तापमान में विषेप परिवर्तन नहीं होता, वहाँ रात्रि को तापमान का उत्क्रमण होता है।

अप्रवाही विलोमता की आदर्श अवस्थाएँ

(i) लम्बी रातें—जाड़ों में लम्बी रातों के कारण पृथ्वी से विकिरित ताप की मात्रा धरातल पर दिन को प्राप्त सौर-ताप की मात्रा से अधिक हो जाती है।

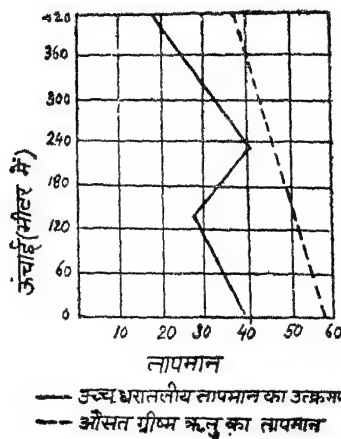
(ii) स्वच्छ आकाश—आकाश के स्वच्छ होने पर दिन को प्राप्त सौरिक विकिरण ताप रात्रि को पार्थिव विकिरण द्वारा शीघ्रता से नष्ट हो जाता है।

(iii) शीतल और शुष्क वायु—वायु के शीतल और शुष्क होने पर वह पृथ्वी से विकिरित ताप को सोख लेती है।

(iv) शान्त वायु—वायु के शान्त होने पर हवाएँ परस्पर मिल नहीं पाती और धरातल को विकिरण और संचालन द्वारा शीतल होने का समय मिल जाता है।

(v) बर्फ से आच्छादित प्रदेश—जब धरातल बर्फ से आच्छादित रहता है तो वह दिन में कम सूर्य-ताप प्रदान करता है और तापमान का कुचालक (bad conductor) होने से धरातल की गर्मी को वायुमण्डल में ऊपर जाने से रोक देता है।

(2) उच्च धरातलीय विलोमता (Upper Surface Inversion)—तापमान की विलो-



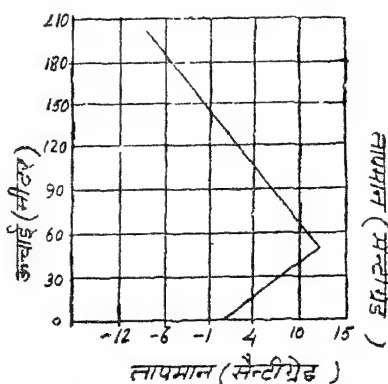
चित्र 93—उच्च धरातलीय विलोमता

भाग उथल-पुथल में ऊपर पहुँची हुई उस गरम हवा के नीचे आ जाता है जिससे वायुमण्डल में तापमान की विलोमता उत्पन्न हो जाती है।

मता वायुमण्डल की ही निचली अवस्था नहीं है और न केवल यह विकिरण का ही फल है। धरातल से काफी ऊँचाई पर ठण्डी अथवा गरम वायु के ऊपर-नीचे बहने के कारण भी तापमान की विलोमता उत्पन्न हो जाती है। वायुमण्डल में काफी ऊँचाई पर यह विलोमता वायु की अस्थिरता का परिणाम है।

जब कभी वायु में अस्थिरता उत्पन्न हो जाती है तो वायुमण्डल में बड़ी भारी उथल-पुथल होने लगती है। इस उथल-पुथल के कारण वायु बड़ी तेजी से ऊपर-नीचे चलने लगती है। ऊपर पहुँचने वाली वायु कदाचित् ऐसे ऊँचे क्षेत्रों में पहुँच जाती है जहाँ उसके चारों ओर अधिक शीतल वायु होती है। ऊपर की इस शीतल वायु का कुछ

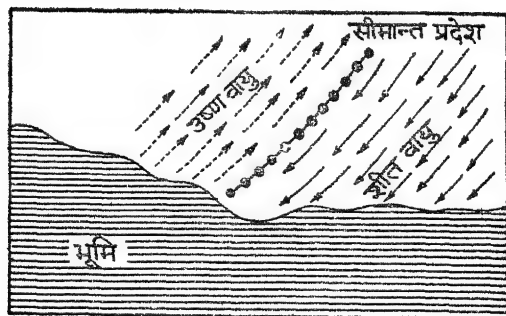
इसके अतिरिक्त जब कभी शुष्क वायु वायुमण्डल की अस्थिरता के कारण ऊपर से धरातल की ओर नीचे उतरती है तो वह वायु की सघनता की अधिकता के कारण नीचे उतरते समय सम्पीडन (compression) के फलस्वरूप गरम हो जाती है। ऐसी स्थिति में निरन्तर वृद्धि होने से एक समय बहुत व्यापक क्षेत्र में हवा का तापमान अधिक हो जाता है जिससे नीचे उतरते समय यह मार्ग में ही स्थिर हो जाती है और उसमें परत (layer) बन जाती है। यह परत इतनी सघन और मोटी होती है कि धरातल से उठकर आने वाली वायु उसको भेद नहीं सकती। ऐसी दशा में इस परत के नीचे धरातल से आने वाली वायु में स्थित वाष्प से स्तरी (stratus) बादल बनकर छा जाते हैं जो न्यून तापमान के सूचक होते हैं। इस प्रकार परत के नीचे वायु का तापमान नीचा और उसके ऊपर वायु का तापमान ऊँचा रहता है। वायुमण्डल में तापमान की यह विलोमता वायु की अस्थिरता के कारण उत्पन्न होती है, अतः इसे तापमान की गतिशील विलोमता (Dynamic inversion of temperature) भी कहते हैं। प्रति-चक्रवात में हमेशा हवा ऊपर से नीचे उतरती है। नीचे उतरते समय वह गरम होती है जिससे धरातलीय हवा और ऊपरी हवा के बीच विलोमता उत्पन्न हो जाती है।



चित्र 94—तापमान की गतिशील विलोमता

तापमान का अस्थिर परिवर्तन स्थिर परिवर्तन की अपेक्षा बहुत अधिक विस्तृत क्षेत्र में होता है। सामान्यतः कनाडा के झील प्रदेशों के उत्तरी भाग एवं मध्य एशिया का मैदान जाड़े एवं बसन्त ऋतु में अस्थिर विनोमता से प्रभावित रहते हैं।

(3) सम्पर्कीय विलोमता (Advectional Inversion)—तापमान की ऐसी विलोमता चक्रवातों में मिलती है। चक्रवातों में सदैव गरम और ठण्डी हवाएँ परस्पर मिलती हैं। इस सम्पर्क में उष्ण वायु अपने हल्केपन के कारण शीतल वायु के ऊपर चढ़ती रहती है जिससे तापमान उलट जाता है। चक्रवात में तापमान की ऐसी दशा प्रायः अग्रभाग अथवा पृष्ठभाग में मिलती है।



चित्र 95—सम्पर्कीय विलोमता

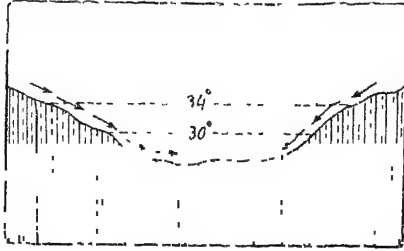
जाता है। प्रायः मध्य अक्षांशों के चक्रवातीय प्रदेशों में तापमान की ऐसी अवस्थाएँ देखी जाती हैं।

तापमान की विलोमता वायुमण्डल की एक अस्थायी अवस्था है। यह अवस्था कभी भी अधिक समय तक नहीं रहती। तापमान की विलोमता प्रायः शीतोष्ण कटिबन्ध के देशों में अधिक

अग्र भाग तथा पृष्ठभाग में ध्रुवों से आने वाली ठण्डी वायु दक्षिण से आने वाली उष्ण वायु को नीचे से काटती है। परिणामस्वरूप उष्ण वायु धीरे-धीरे बढ़ती हुई ठण्डी हवाओं के ऊपर चली जाती है। इस प्रकार धरातल के निकट ठण्डी वायु और ऊपर गरम वायु फैली हुई रहती है। ताप की ऐसी विलोमता में स्थानीय उत्क्रमण (local inversion) की अपेक्षा अधिक स्थायित्व और घनत्व पाया

होती है। उष्ण प्रदेशों में ऐसा कदाचित् ही होता है। तापमान के उलट जाने पर प्रायः घाटियाँ जम जाती हैं और हिम-वर्षा की शिकार हो जाती हैं। परन्तु घाटियों से काफी ऊँचाई पर तापमान के ऊँचे रहने के कारण हिम का कोई प्रभाव नहीं पाया जाता। इस बात का फलों के बगीचों अथवा गाँवों की स्थिति पर गहरा प्रभाव पड़ता है। प्रायः बगीचे और गाँव ठण्ड और पाले से ग्रसित घाटियों की अपेक्षा घाटियों के ढालों पर काफी ऊँचाई पर स्थित पाये जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में केलीफोर्निया में फलों के बगीचे घाटी में न लगाये जाकर ऊपरी ढालों पर लगाये जाते हैं। इसी प्रकार ब्राजील में कहवा के बगीचे भी ऊपरी ढालों पर पाये जाते हैं। स्विट्जरलैंड के निवासी हिम और कुहरे से ढकी घाटियों को छोड़कर उष्ण ढालों पर अपने होटल बनाते हैं।

(4) वायु प्रवाहन ताप-विलोमता (Air Drainage type of Temperature Inversion)—वायु में घनत्व के अन्तर के कारण प्रवाह उत्पन्न हो जाता है। वायु जब ठण्डी होती है तो उसका घनत्व बढ़ जाता है। धरातल पर जहाँ कहीं स्थल बहुत अधिक असम होता है वहाँ ढाल



चित्र 96—वायु प्रवाहन ताप-विलोमता

की वायु अधिक घनत्व के कारण नीचे खिसक जाती है। सामान्यतः ऊँचे पर्वत शिखरों की वायु ठण्डी और अधिक घनत्व वाली होती है जिससे वह नीचे घाटियों की ओर खिसकने लगती है। इसी को वायु प्रवाहन (Air Drainage) कहते हैं। इस प्रकार के वायु प्रवाहन से घाटी ठण्डी वायु से भर जाती है और घाटी की गरम वायु ऊपर उठ जाती है। पर्वतीय प्रदेशों में सामान्यतः घाटी में ठण्डी हवा तथा घाटी से ऊपर दोनों ओर के ढालों पर अपेक्षाकृत गरम वायु और फिर शिखरों पर ठण्डी वायु मिलती है। लेकिन तापमान की इस प्रकार की विलोमता के लिए ऊँचे पर्वतीय शिखरों पर हिम का होना आवश्यक है ताकि वायु ठण्डी होकर नीचे फिसल सके। पर्वतीय ढालों पर फलों के बगीचे लगाने के लिए तापमान की ऐसी विलोमता बड़ी महत्वपूर्ण होती है। हमारे देश में हिमाचल प्रदेश की कुल्लू घाटी तथा कश्मीर घाटी में रसदार फलों के बगीचे इसीलिए घाटियों में न लगाकर ऊँचे ढालों पर लगाये जाते हैं जहाँ उनके पकने के लिए आवश्यक ऊँचा तापमान प्राप्त हो सके।

(5) यान्त्रिक प्रतिलोमन (Mechanical Inversion)—यान्त्रिक प्रतिलोमन धरातल से ऊपर वायुमण्डल में काफी ऊँचाई पर होता है। इसमें न तो गैसों के अवशोषण तथा पवन के सम्पर्क का ही हाथ होता है और न पार्थिव या सौर्य विकिरण का ही। यह प्रतिलोमन मूलतः वायुमण्डल में वायु के ऊपर-नीचे गतिशील होने का फल है। यह दो प्रकार से होता है :

(i) कभी-कभी धरातल की गर्म वायु हल्की होने से तेजी से ऊपर उठ जाती है और वहाँ की ठण्डी तथा भारी वायु को अपने नीचे कर देती है जिससे वहाँ प्रतिलोमन की दशा उत्पन्न हो जाती है।

(ii) कभी-कभी जब वायु नीचे उतरती है तो सम्पीडन के कारण गर्म होने लगती है। इस क्रिया के लम्बे समय तक होते रहने पर तापमान इतना अधिक हो जाता है कि नीचे उतरती हुई वायु के मार्ग में एक गर्म व स्थिर वायु परत का आविर्भाव हो जाता है। इस परत के नीचे कम तापमान होने से प्रतिलोमन की दशा प्रकट हो जाती है। ऐसी दशा मध्य अक्षांशों में प्रति चक्र-वातों के साथ अधिक देखने को मिलती है।

तापमान का क्षैतिज वितरण (Horizontal Distribution of Temperature)

भू-पटल पर तापमान का क्षैतिज वितरण अक्षांश रेखाओं का अनुसरण करता हुआ पाया जाता है। सामान्यतः भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर तापमान घटता जाता है। धरातल पर सर्वाधिक तापमान निम्न अक्षांशों में तथा न्यूनतम तापमान उच्च अक्षांशों में पाया जाता है। यद्यपि भूमध्य रेखा पर सूर्य सदैव सीधा चमकता है किन्तु इन भागों में आकाश हमेशा बादलों से आच्छादित रहता है इसलिए सूर्य से प्राप्त होने वाली उष्मा धरातल को गर्म करने के लिए पूरी तरह प्राप्त नहीं हो पाती। फिर सूर्य से प्राप्त अधिकांश उष्मा यहाँ वाष्पीकरण में खर्च हो जाती है। इस कारण अधिकतम तापमान कभी भी भूमध्य रेखा के समीप नहीं पाया जाता। इसके विपरीत धरातल पर अधिकतम तापमान कर्क तथा मकर रेखाओं के समीप पाये जाते हैं, क्योंकि यहाँ आकाश सदैव स्वच्छ रहता है। वादलों के अभाव के कारण सूर्य से प्राप्त उष्मा अबाध गति से धरातल पर पहुँच जाती है। सामान्यतः भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर विशेषकर उच्च अक्षांशों में तापमान बड़ी तेजी से कम होता जाता है। उच्च अक्षांशों में तापमान के घटने की दर को ताप प्रवणता (temperature gradient) कहा जाता है। यह ताप प्रवणता कर्क तथा मकर रेखाओं के मध्य प्रायः नहीं देखी जाती। यहाँ ताप प्रवणता प्रायः नगण्य होती है। इस प्रकार तापमान का क्षैतिज वितरण हम दो प्रकार से करते हैं—(1) प्रादेशिक वितरण, तथा (2) समताप रेखाओं के आधार पर।

(1) प्रादेशिक वितरण—यह तापमान का क्षैतिज वितरण ही है जो सर्वप्रथम ग्रीक लोगों ने बताया। ग्रीक लोगों ने तापमान के आधार पर सम्पूर्ण ग्लोब को तीन कटिबन्धों में विभक्त किया जो निम्न प्रकार हैं।

(i) उष्ण कटिबन्ध, (ii) शीतोष्ण कटिबन्ध तथा (iii) शीत कटिबन्ध। इन तीनों का वर्णन जलवायु के अध्याय में विस्तार से किया गया है।

(2) समताप रेखाओं के आधार पर—धरातल पर तापमान का क्षैतिज वितरण का प्रदर्शन तथा अध्ययन समताप रेखाओं (isotherms) द्वारा किया जाता है।

भू-पटल पर तापमान का विस्तार समताप रेखाओं द्वारा दिखाया जाता है। समताप रेखाएँ वे रेखाएँ हैं जो समान औसत तापमान वाले स्थानों को जोड़ती हैं। इन रेखाओं को खींचने के पूर्व प्रत्येक स्थान के तापमान को समुद्र-तल के तापमान के रूप में घटा लिया जाता है। यदि ऐसा न किया जाय तो समताप रेखाएँ खींचने में इतनी उलझने पैदा हो जायेगी कि उनका खींचना ही असम्भव हो जायगा और यदि खींच भी ली गयी तब भी उन पर होने वाले अक्षांश, जल और स्थल के विन्यास और धाराओं का प्रभाव स्पष्ट नहीं हो सकेगा। अतः केवल ऊँचाई (Altitude) के प्रभाव को नष्ट कर देने से अन्य भौगोलिक कारणों का प्रभाव स्पष्ट दृष्टिगोचर होने लगता है। इस प्रकार समताप रेखाओं के बारे में दो बातें उल्लेखनीय हैं :

(1) ये रेखाएँ किसी भी स्थान का औसत तापमान बताती हैं।

(2) ये रेखाएँ किसी भी स्थान के समुद्र-तल का तापमान दिखाती हैं।

इस तरह ये रेखाएँ जिन स्थानों को जोड़ती हैं उनका कभी भी वास्तविक तापमान प्रदर्शित नहीं करती, बल्कि ये वहाँ का औसत और समुद्र-तल से घटाया हुआ तापमान बताती हैं। इसलिए समतापदर्शक मानचित्र कृपकों और इंजीनियरों—जिनके लिए वास्तविक तापमान वितरण ज्ञान जरूरी है—के लिए विशेष लाभप्रद सिद्ध नहीं होते। समतापदर्शक मानचित्र तापमान का यथार्थ रूप न देते हुए भी किसी भी स्थान के तापमान का सामान्य ज्ञान करा देने में समर्थ होते हैं। इस कारण इनका महत्त्व है। जब ये रेखाएँ पास-पास होती हैं तो तीव्र ताप प्रवणता को इंगित करती हैं। इसके विपरीत उनका दूर-दूर होना क्षीण ताप प्रवणता को बताता है।

समतापदर्शक मानचित्रों का अध्ययन

संसार के समतापदर्शक मानचित्रों का अध्ययन करने पर निम्न बातें ज्ञात होती हैं :

(1) साधारणतः समताप रेखाएँ अक्षांशों के समान्तर पूर्व से पश्चिम को खींची हुई होती हैं। इसका कारण यह है कि धरातल पर तापमान सूर्याभिताप पर निर्भर करता है और सूर्याभिताप अक्षांशों पर। अतएव अक्षांशों के अनुसार तापमान घटता-बढ़ता रहता है। सामान्यतः भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर तापमान क्रमशः घटता जाता है।

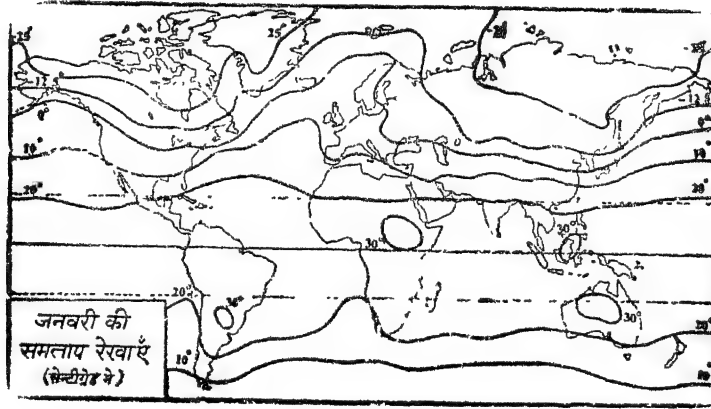
(2) समताप रेखाएँ सामान्यतः सीधी होती हैं। परन्तु समुद्रतट के समीप उनकी दिशाओं में परिवर्तन हो जाता है। स्थल से समुद्र की ओर जाते समय ये रेखाएँ ग्रीष्मकाल में भूमध्य रेखा की ओर तथा शीतकाल में ध्रुवों की ओर झुक जाती हैं, क्योंकि जल और स्थल के तापमान में अन्तर पड़ता है। महासागरों में चलने वाली धाराएँ और स्थायी हवाएँ भी इन रेखाओं की दिशा को प्रभावित करती हैं।

(3) उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध में ये रेखाएँ अधिक सीधी होती हैं क्योंकि दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थल की अपेक्षा जल का विस्तार अधिक है। इसके विपरीत उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल का विस्तार अधिक है।

(4) ग्रीष्म में समताप रेखाएँ महाद्वीपों पर ध्रुवों की ओर तथा समुद्रों पर विषुवत रेखा की ओर झुकी रहती हैं। शीतकाल में इसकी ठीक विपरीत दशा होती है।

जनवरी और जुलाई के तापमान

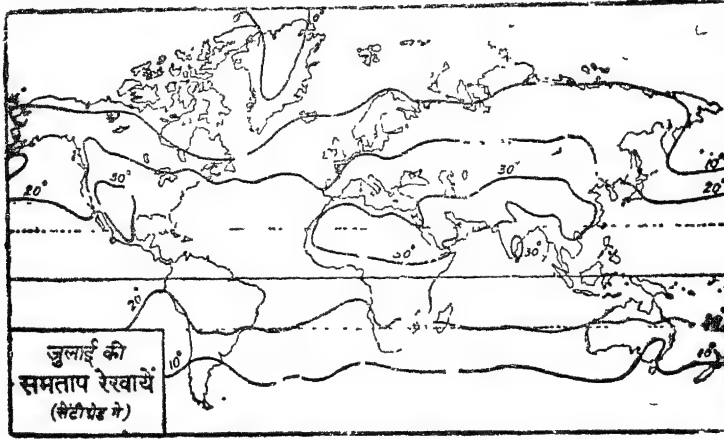
पृथ्वी पर जलवायु की विषमता को प्रकट करने वाले जनवरी और जुलाई के महीने हैं। जनवरी का महीना उत्तरी गोलार्द्ध में ठण्डा और दक्षिणी गोलार्द्ध में गरम होता है। इसके विपरीत जुलाई उत्तरी गोलार्द्ध में गरम और दक्षिणी गोलार्द्ध में ठण्डा होता है।



चित्र 97—जनवरी की समताप रेखाएँ

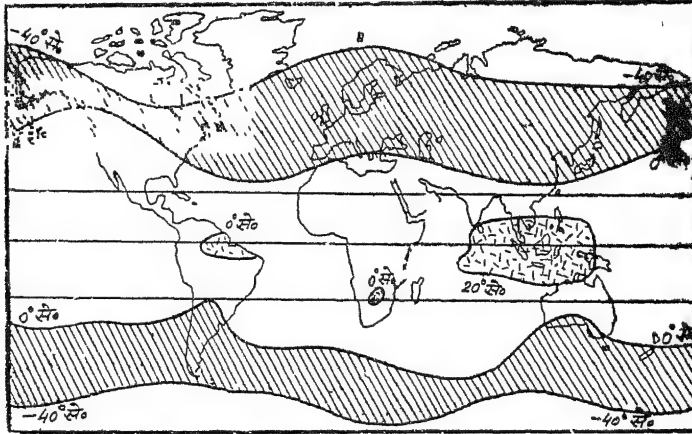
जनवरी का समतापदर्शक मानचित्र देखने से प्रकट होता है कि इस समय उच्चतम तापमान दक्षिणी गोलार्द्ध में है। आस्ट्रेलिया और दक्षिणी अफ्रीका में 90° फा० से भी अधिक तापमान पाया जाता है। किन्तु इस समय न्यूनतम तापमान उत्तरी गोलार्द्ध में साइबेरिया, ग्रीनलैण्ड और उत्तरी कनाडा में पाया जाता है। साइबेरिया में स्थित वर्खोयान्स्क नामक स्थान पर इस ऋतु में तापमान —50° फा० तक नीचे उतर जाता है। संसार का सबसे ठण्डा स्थान यही है।

इसके विपरीत जुलाई के समतापदर्शक मानचित्र से यह स्पष्ट होता है कि इस समय सबसे अधिक तापमान उत्तरी गोलार्द्ध में और न्यूनतम तापमान दक्षिणी गोलार्द्ध में है। इस समय



चित्र 98—जुलाई की समताप रेखाएँ

90° फा० वाली समताप रेखा उत्तरी गोलार्द्ध के बहुत बड़े भाग को घेरे हुए है। उत्तरी अमरीका,



चित्र 99—संसार का न्यूनतम तापमान

अफ्रीका और एशिया के सभी मरुस्थली भागों में इस समय 90° फा० से भी अधिक तापमान रहता है। इस ऋतु में सबसे कम तापमान दक्षिणी ध्रुव प्रदेश में पाया जाता है।

सम्पूर्ण पृथ्वी तथा दोनों गोलार्द्धों में भिन्न-भिन्न ऋतुओं और वर्ष के औसत तापमान किस प्रकार रहते हैं? यह निम्न तालिका में बताया गया है :

सम्पूर्ण पृथ्वी तथा दोनों गोलार्द्धों के औसत तापमान¹

गोले का भाग	वर्ष	जनवरी	जुलाई	वार्षिक अन्तर
उत्तरी गोलार्द्ध	59.3	46.5	72.3	25.8
दक्षिणी गोलार्द्ध	56.0	62.7	49.5	13.2
सम्पूर्ण पृथ्वी	57.7	54.6	60.8	6.2

¹ Haurwitz and Austin : Climatology, p. 26

तापान्तर

(Range of Temperature)

किसी विशेष समय में एक स्थान के अधिकतम और न्यूनतम तापमान के अन्तर को वहाँ का तापान्तर कहते हैं। परन्तु 'तापान्तर' शब्द कई अर्थों में प्रयुक्त होता है। जैसे :

(1) दैनिक तापान्तर (Daily Range of Temperature)—किसी भी स्थान पर दिन के उच्चतम और न्यूनतम तापमान का अन्तर।

(2) मासिक तापान्तर (Monthly Range of Temperature)—किसी महीने के अधिकतम और न्यूनतम तापमान का अन्तर।

(3) वार्षिक तापान्तर (Annual Range of Temperature)—वर्ष के अधिकतम और न्यूनतम तापमान का अन्तर।

(4) वार्षिक माध्यम तापान्तर (Mean Annual Range of Temperature)—वर्ष के सर्वाधिक गरम और ठण्डे महीनों के औसत तापमान का अन्तर।

यहाँ हमारा सम्बन्ध वार्षिक माध्यम तापान्तर से ही है। जलवायु के तुलनात्मक विवेचन में साधारणतया वार्षिक माध्यम तापान्तर का ही प्रयोग होता है।

धरातल के भिन्न-भिन्न स्थानों का वार्षिक माध्यम तापान्तर कई बातों से प्रभावित होता है। वार्षिक माध्यम तापान्तर को प्रभावित करने वाले मुख्य तत्त्व निम्न हैं :

1. अक्षांश,
2. समुद्र-तल से ऊँचाई,
3. समुद्र से दूरी,
4. मेघ एवं वर्षा,
5. भूमि का ढाल,
6. हवाएँ,
7. धाराएँ।

अनुभूत तापमान

(Sensiole Temperature)

कभी-कभी तापमापी द्वारा अंकित तापमान शरीर को अनुभव होने वाले तापमान से अधिक होता है। जो तापमान मनुष्य शरीर को अनुभव होता है, वह बहुत कुछ हवा की नमी और गति पर निर्भर करता है। साइबेरिया निवा ी शीतकाल के -60° तापमान को भी किसी तरह सह लेते हैं परन्तु जब कभी प्रचण्ड बर्फाली आधी चलती है तो उस समय का 0° तापमान भी वहाँ के निवासियों के लिए असहनीय हो जाता है। इसी तरह विषुवतरेखीय नम प्रदेशों में 80° तापमान लोगों के लिए असहनीय होता है, परन्तु सिन्ध, राजस्थान और अरब की शुष्क जलवायु में 100° तापमान भी अधिक नहीं मालूम पड़ता। इसका मुख्य कारण यह है कि थर्मामीटर का अपना कोई तापमान नहीं होता परन्तु इसके विपरीत मानव-शरीर एक तरह का इंजन है जो हमेशा एक निश्चित गति से शक्ति पैदा करता रहता है। अतः जो कोई कारण मनुष्य शरीर से निकल कर नष्ट होने वाली गर्मी की मात्रा को प्रभावित करता है वह मानव-शरीर की सुविधा (comfort) को भी प्रभावित करता है। ऐसे कारणों में हवाएँ, हवा की नमी और सूर्य का प्रकाश मुख्य हैं।

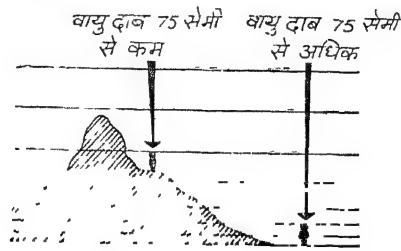
9

वायुदाब एवं हवाएँ

(ATMOSPHERIC PRESSURE AND WINDS)

वायुदाब और हवाओं का ज्ञान भौगोलिक दृष्टि से बड़ा ही महत्त्वपूर्ण है। यों तापमान और वर्षा की तुलना में वायुदाब और हवाओं का कम ही महत्त्व है, क्योंकि मानव-जीवन पर प्रत्यक्ष रूप से इनका कोई प्रभाव नहीं होता। फिर भी धरातल पर चलने वाली हवाएँ वायुदाब पर ही निर्भर हैं। वायुदाब में थोड़ा-सा परिवर्तन हो जाने से हवाओं की गति और उनकी दिशा पर गहरा प्रभाव पड़ता है। हवाएँ बदले में तापमान और वर्षा को प्रभावित करती हैं जो दोनों ही (सम्मिलित रूप से) काफी सीमा तक जलवायु और मौसम के रूप (character) को निर्धारित करती हैं। इस प्रकार वायुदाब और हवाएँ, जो प्रत्यक्ष रूप से विशेष महत्त्वपूर्ण नहीं मालूम पड़तीं—दोनों ही अप्रत्यक्ष रूप से मानव-जीवन की परिस्थितियों पर बड़ा भारी नियन्त्रण रखती हैं। समुद्र से स्थल की ओर चलने वाली हवा स्थल से समुद्र की ओर चलने वाली हवा से जलवायु की दृष्टि से बड़ी महत्त्वपूर्ण होती है, क्योंकि दोनों में तापमान और आर्द्रता की दृष्टि से बड़ा भेद होता है। फिर हवाएँ वायुमण्डल में तापमान का सन्तुलन बनाये रखती हैं। इसके अतिरिक्त हवाएँ महासागरों से जलवाष्प को स्थल-खण्डों की ओर आकर्षित करती हैं जहाँ भाप घनीभूत होकर वर्षा के रूप में गिरती है। इस तरह धरातल पर वर्षा का वितरण वायुदाब तथा वायु प्रवाह से जुड़ा हुआ है।¹ यद्यपि जलवायु और मौसम के तत्त्वों के रूप में वायुदाब और हवाओं का विशेष महत्त्व नहीं है, परन्तु इनका सर्वाधिक महत्त्व इस बात में निहित है कि ये तापमान और वर्षा पर अभूतपूर्व नियन्त्रण रखती हैं।

सामान्य भौतिक पदार्थों की भाँति वायु भी एक भौतिक वस्तु है। इसमें जलवाष्प, गैसों और धूल-कण जैसी कई वस्तुएँ मिली रहती हैं। इसलिए अन्य पदार्थों की भाँति वायु भी भारयुक्त होती है। महान वैज्ञानिक गैरिक (Guericke) ने इस सम्बन्ध में परीक्षण कर इस सच्चाई पर पर्याप्त प्रकाश डाला है। वायु भारयुक्त होती है इसलिए पृथ्वी के धरातल पर उसका दबाव पड़ता है। पृथ्वी के धरातल पर वायु का यह दबाव ही वायुदाब कहलाता है।



चित्र 100—वायुदाब

साधारणतः वायु का हमें कोई भार अनुभव नहीं होता, परन्तु ऐसा अनुमान लगाया गया है कि एक घन फुट वायु में लगभग $1\frac{1}{4}$ औंस वजन होता

¹ G. T. Trewartha : *Introduction to Weather and Climate*, p. 73

है। वायु का सबसे अधिक दबाव समुद्र-तल के समीप पाया जाता है। समुद्र-तल के समीप प्रति वर्ग इंच भूमि पर लगभग 15 पौण्ड दबाव होता है। वायु का यह दबाव समुद्र-तल से ऊँचाई बढ़ने पर घटता जाता है।

वायुदाब की निर्भरता

पृथ्वी के धरातल पर वायुदाब कभी भी स्थिर नहीं रहता। ऊँचाई, तापमान, जलवाष्प और पृथ्वी की आवर्तन गति आदि कई बातों का वायुदाब पर प्रभाव पड़ता है। अतः वायुदाब सदैव बदलता रहता है।

वायुदाब और ऊँचाई (Pressure and Altitude)

सामान्य पदार्थों की भाँति वायु भी सम्पीडक (compress) होती है। अतः यह निस्संकोच कहा जा सकता है कि ऊँचाई बढ़ने के साथ वायुदाब में शीघ्रता से कमी होती जायगी। वायुमण्डल के निचले भागों में वायुदाब अधिक पाया जाता है, क्योंकि वायुमण्डल के समस्त ऊपरी स्तरों (layers) का दबाव नीचे के स्तरों पर पड़ता है। परन्तु ज्यों-ज्यों ऊपर उठते जायेंगे वायुदाब में कमी होती जायगी। लगभग 900 फुट की ऊँचाई पर 1 इंच अथवा 34 मिलीबार वायुदाब कम हो जाता है। किन्तु ऐसा कुछ हजार फुट की ऊँचाई तक ही होता है। तदनन्तर वायुदाब शीघ्र गिरता चला जाता है और वायु हल्की होती जाती है। यदि कोई 18,000 फुट की ऊँचाई पर खड़ा हो तो वायुमण्डल का लगभग आधा दबाव उसके पैरों के नीचे होगा। ऊँचाई पर वायुदाब की कमी के साथ-साथ ऑक्सीजन की भी कमी पायी जाती है। ऑक्सीजन की कमी और न्यून वायुदाब में मनुष्य भली प्रकार नहीं रह सकता। यही कारण है कि पर्वतारोही आरोहण के समय अपने साथ ऑक्सीजन के थैले रखते हैं। बहुत ऊँचाई पर वायुदाब की कमी के कारण पार्वत्य रोग (Mountain sickness) हो जाया करता है। ऊँचाई पर चढ़ने पर पहले श्वास जल्दी-जल्दी चलने लगती है और फिर मूच्छा, वमन और नकसीर बहने लगती है। बहुत अधिक ऊँचाई पर तो शरीर की चमड़ी नीली पड़ जाती है, मानसिक शक्तियाँ असमर्थ हो जाती हैं, हाथ-पैर शिथिल पड़ जाते हैं और अधिक सर्दी के कारण मृत्यु तक हो जाती है।

ऊँचाई के अनुसार वायुदाब में कमी निम्न प्रकार होती है :¹

(2000 फुट का अन्तर)

फुट	मिलीबार
समुद्र-तल	1013.2
2,000	942
4,000	875
6,000	812
8,000	753
10,000	697
20,000	465
30,000	301
40,000	187

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 106

वायुदाब और तापमान (Pressure and Temperature)

वायुदाब और तापमान में घनिष्ठ सम्बन्ध है। वायु का तापमान बढ़ जाने पर उसका आयतन बढ़ जाता है और वह फैलकर इधर-उधर चलने लगती है। इससे वायु का दबाव कम हो जाता है। पर जब तापमान घट जाता है तो वायु सिकुड़कर एक जगह एकत्रित होने लगती है, जिससे वायुदाब बढ़ जाता है। इस तरह तापमान परिवर्तन के साथ ही साथ वायुदाब घटता-बढ़ता रहता है। वायुदाब और तापमान में सदा प्रतिकूल सम्बन्ध रहता है। अर्थात् यदि तापमान अधिक हुआ तो वायुदाब कम होगा और यदि तापमान कम हुआ तो वायुदाब अधिक होगा। दूसरे शब्दों में, थर्मामीटर जितना ही ऊँचा होगा बैरोमीटर उतना ही नीचा होगा और थर्मामीटर जितना ही नीचा होगा बैरोमीटर उतना ही ऊपर होगा। (The lower the thermometer, the higher the barometer and vice-versa.)

तापमान परिवर्तन के साथ वायुदाब में जो वृद्धि या ह्रास होता है उसका मूल कारण धरातल के भिन्न-भिन्न प्रदेशों में तापमान की भिन्नता है। उष्ण प्रदेशों में वायु गरम होकर फैलती है और फिर ऊपर उठती है। ऊपर उठकर वह अपने समीपीय ठण्डे प्रदेश की ओर नीचे उतरती है। वायु के इस स्थानान्तरण से गरम प्रदेश में वायु के कम हो जाने से वायुदाब कम हो जाता है और ठण्डे प्रदेश में वायु के एकत्रित होने से वायुदाब बढ़ जाता है। धरातल पर तापमान स्थिर नहीं है इसलिए वायुदाब भी स्थिर नहीं है बल्कि तापमान के साथ घटता-बढ़ता रहता है। यही कारण है कि पृथ्वी पर वायुदाब न तो एक समान ही है और न सदा एकसा ही रहता है।

वायुदाब और जलवाष्प (Pressure and Water Vapour)

जलवाष्प हवा से हल्की होती है। इसलिए हवा में जितनी ही वाष्प मिली रहेगी हवा उतनी ही हल्की होगी और हवा जितनी हल्की होगी उसका दबाव उतना ही कम होगा। इस कारण यदि किसी स्थान पर वायु में जलवाष्प अधिक मात्रा में मिल जाती है तो उस स्थान पर वायुदाब कम हो जाता है। शुष्क हवा आर्द्र हवा से भारी होती है। वर्षा ऋतु में वायु में जलवाष्प मिले रहने के कारण ही वायुदाब कम रहता है। मौसम के अनुसार हवा में वाष्प की मात्रा कम-ज्यादा होती रहती है, इस कारण वायुदाब भी घटता-बढ़ता रहता है। समुद्र के ऊपर वायु में अधिक भाप मिली रहती है इसलिए समुद्री हवा का दबाव स्थलीय हवा के दबाव से कम होता है।

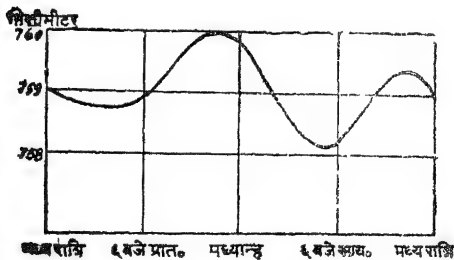
वायुदाब और पृथ्वी की दैनिक गति (Pressure and Rotation of Earth)

वायुदाब पर पृथ्वी की दैनिक गति का भी प्रभाव देखा जाता है। पृथ्वी की दैनिक गति के कारण वायुदाब बदलता है। पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कारण आकर्षण शक्ति का जन्म होता है जो धरातल की समस्त वस्तुओं को पृथ्वी के केन्द्र की ओर खींचती है और उन्हें पृथ्वी से अलग नहीं होने देती। यही कारण है कि अधिक ताप के कारण विषुवत रेखा से उठी हुई वायु पुनः मध्य अक्षांशों के निकट नीचे उतर आती है।

पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कारण विषुवत रेखा के समीप वायु केन्द्र से दूर हटती है परन्तु ध्रुवों की वायु केन्द्र की ओर खिंचती है। इसलिए वायु का अधिकतर भाग मध्य अक्षांशों में एकत्रित होता जाता है और वहाँ वायु का दबाव बढ़ जाता है। परन्तु विषुवत रेखा के समीप और ध्रुवों पर वायु का दबाव कम होता है।

वायुदाब का दैनिक परिवर्तन (Diurnal Change of Pressure)

वायुदाब और तापमान में कितना घनिष्ठ सम्बन्ध है यह पहले बताया जा चुका है। धरातल पर तापमान का सबसे अधिक प्रभाव दिन में मध्याह्न के उपरान्त होता है और यह रात के 10 बजे तक बना रहता है। रात्रि में सूर्य के अभाव में तापमान घट जाता है और उसका प्रभाव सुबह के 10 बजे तक रहता है। तापमान के इस परिवर्तन के साथ वायुदाब भी सदा घटता-बढ़ता रहता है। प्रतिदिन सूर्य की गर्मी के अनुसार वायुदाब दिन के 10 बजे से 4 बजे तक और रात



के 10 बजे से सुबह के 4 बजे तक घटता है और सुबह के 4 बजे से दिन के 10 बजे तक तथा सायंकाल 4 बजे से रात के 10 बजे तक बढ़ता है। वायुदाब के इस प्रकार घटने-बढ़ने को बैरोमीटर का ज्वार-भाटा (Barometric tide) कहा जाता है। चित्र 101 से वायुदाब घटने और बढ़ने का तापमान के साथ घनिष्ठ सम्बन्ध स्पष्ट हो जाता है।

चित्र 101—बैरोमीटर का ज्वार-भाटा

भूमध्यरेखीय प्रदेशों तक ही सीमित है। भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर बैरोमीटर का ज्वार-भाटा क्षीण होता जाता है। यहाँ तक कि 60° उत्तर और दक्षिण अक्षांश के आगे इसका कोई प्रभाव नहीं होता। इससे यह परिणाम निकाला जा सकता है कि वायुदाब का दैनिक परिवर्तन उष्ण-खण्डों में ही अधिक होता है।

यदि बैरोमीटर के माप के उच्चतम और न्यूनतम बिन्दुओं को देखा जाय तो स्पष्ट ज्ञात होगा कि बैरोमीटर पर स्थल का अत्यधिक प्रभाव पड़ता है। स्थल के भीतरी भागों में दिन के समय बैरोमीटर का उतार-चढ़ाव समुद्र के निकटवर्ती भागों से अधिक होता है। इसके विपरीत समुद्र के निकटवर्ती स्थानों में यह उतार-चढ़ाव स्थल के भीतरी भागों के रात्रि के उतार-चढ़ाव से अधिक होता है। इसका कारण यह है कि स्थल और जल पर तापमान का भिन्न प्रभाव होता है। इसी प्रकार पर्वतों और मैदानों का वायुदाब भी उल्टा देखा जाता है। दिन में जब मैदान गरम होते हैं तो वहाँ वायुदाब कम होता है, परन्तु पहाड़ों पर इस समय वायुदाब अधिक होता है क्योंकि मैदानों से उठी हुई वायु पर्वतों पर जाकर एकत्रित हो जाती है। रात्रि को वायुदाब की यह दशा बिल्कुल विपरीत होती है। अतः वायुदाब सभी अवस्थाओं में तापमान के अनुसार परिवर्तनशील होता है।

वायुदाब की पेटियाँ (Pressure Belts)

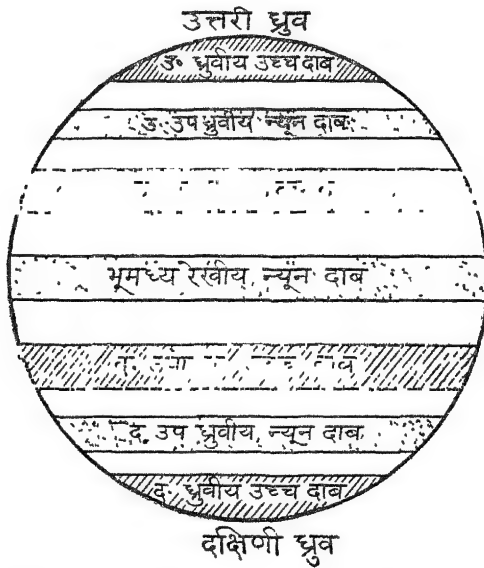
धरातल पर कहीं भी वायुदाब एक समान नहीं है। वायुदाब तापमान, जलवाष्प और पृथ्वी की परिभ्रमण गति आदि कई बातों से प्रभावित होता है। अतः पृथ्वी के धरातल पर कहीं तो न्यून वायुदाब और कहीं उच्च वायुदाब मिलता है। धरातल पर वायुदाब की कुल सात आदर्श पेटियाँ हैं। ये पेटियाँ केवल उसी समय सम्भव हो सकती हैं, जबकि पृथ्वी पर किसी प्रकार की विभिन्नता न हो। जैसे जल और स्थल की विभिन्नता। वायुदाब की ये पेटियाँ पृथ्वी के एक ऐसे गोले पर सम्भावित मानी गयी हैं, जो सम्पूर्ण रूप से स्थल ही स्थल हो या फिर जल ही जल। वायुदाब की पेटियों की यह व्यवस्था दक्षिणी गोलार्द्ध में—जहाँ समुद्र की प्रधानता है—जनवरी और जुलाई के वायुदाब मानचित्रों में देखी जा सकती है। भूमध्य रेखा के उत्तर में जहाँ स्थल के

बाद जल और जल के बाद स्थल दिखाई पड़ता है, वायुदाब की पेटियों का बराबर बने रहना कठिन होता है। जल और स्थल की विभिन्नता से महाद्वीपों और महासागरों के तापमान में बड़ा अन्तर उत्पन्न हो जाता है। अतः उत्तरी गोलार्द्ध में वायुदाब की पेटियों की अपेक्षा वायुदाब के अलग-अलग केन्द्र मिलते हैं।

पृथ्वी के गोलों पर वायुदाब की जो सात पेटियाँ हैं उनमें से चार उच्चदाब की पेटियाँ हैं और तीन न्यून वायुदाब की। ये सब पेटियाँ जो समुद्र-तल पर दुनिया की औसत वायुदाब की अवस्थाएँ बताती हैं, निम्न हैं :

(1) विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब की पेटि (Equatorial Low Pressure Belt)—इस पेटि का विस्तार विषुवत रेखा के दोनों ओर 5° अक्षांशों तक पाया जाता है। किन्तु सूर्य के उत्तरायण तथा दक्षिणायन होने के साथ-साथ इस पेटि का भी स्थानान्तरण होता रहता है जिससे इसकी स्थिति स्थायी नहीं रहती। भूमध्य रेखा पर वर्ष भर सूर्य लम्बवत् चमकता है और यहाँ दिन-रात भी सदैव एक समान होते हैं। अतः यहाँ वर्ष भर उच्च तापमान बना रहता है जिससे यहाँ हवाएँ गर्म होकर फैलती हैं और ऊपर उठती रहती हैं। फलस्वरूप यहाँ सदैव न्यूनदाब बना रहता है। वहाँ वायुमण्डल में अधिक आर्द्रता भी न्यूनदाब का कारण है। स्पष्ट है कि यह पेटि सीधी तापमान से सम्बन्धित है। इसीलिए इसे तापजन्य न्यून वायुदाब की पेटि (Thermally induced low pressure belt) कहा जाता है। इस पेटि में धरातल पर हवाओं में गति कम होने से वातावरण शान्त रहता है। इस कारण इस पेटि को डोलड्रम अथवा शान्त क्षेत्र (Doldrum or region of calm) कहा जाता है। धरातल से कुछ ऊँचाई पर इसके विपरीत पवन प्रवाह सक्रिय होता है और शान्त वातावरण भंग हो जाता है।

(2) उपोष्ण उच्च वायुदाब की पेटियाँ (Tropical High Pressure Belts)—दोनों गोलार्द्धों में 30° से 35° अक्षांशों के मध्य उच्च वायुदाब की पेटियाँ पायी जाती हैं। वस्तुतः



चित्र 102—धरातल पर वायुदाब की स्थायी पेटियाँ

इस भाग में शीतऋतु के दो महीनों को छोड़कर वर्ष भर ऊँचा तापमान बना रहता है। तापमान की अवस्थाओं के अनुसार यहाँ भी न्यून वायुदाब होना चाहिए था किन्तु इसके विपरीत

यहाँ उच्च वायुदाब पाया जाता है। अतः स्पष्ट है कि यहाँ उच्चदाब होने के भिन्न कारण हैं। यहाँ उच्चदाब वस्तुतः पृथ्वी की दैनिक गति और वायु के अवतलन से सम्बन्ध रखता है। विषुवत रेखा तथा ध्रुव वृत्तों के समीप की न्यून वायुदाब की पेटी से ऊपर उठी हुई इन अक्षांशों में नीचे उतरती हैं जिससे वायुदाब बढ़ जाता है। इस प्रकार इन अक्षांशों में उच्च वायुदाब की पेटियाँ गति जन्य (Dynamically induced) होती हैं। इन पेटियों को अश्व अक्षांश (Horse Latitudes) भी कहा जाता है, क्योंकि प्राचीनकाल में एक व्यापारी अपने जहाज में इंग्लैण्ड से आस्ट्रेलिया को छोड़े भरकर ले जा रहा था। किन्तु आस्ट्रेलिया के समीप मकर रेखा की प्रशान्त पेटी (Doldrum) में जाकर फँस गया। अतः जहाज को बचाने के लिए बहुत-से छोड़े समुद्र में फेंक दिये गये। तभी से इन अक्षांशों को अश्व अक्षांश पुकारा जाने लगा है।

(3) **उपध्रुवीय न्यून वायुदाब की पेटियाँ (Polar Low Pressure Belts)**—अयन रेखाओं पर स्थित उच्च वायुदाब की पेटियों से ध्रुवों की ओर वायुदाब घटता जाता है। वायुदाब में यह कमी उत्तरी ध्रुव वृत्त और दक्षिणी ध्रुव वृत्त तक होती है जहाँ न्यून वायुदाब की पेटियाँ स्थित हैं। उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध में न्यून वायुदाब की यह पेटी अधिक गहरी और व्यवस्थित है। इन वृत्तों के समीप न्यून वायुदाब की पेटियों के बनने के सम्भावित कारण निम्न हैं :

(क) इन पेटियों के दोनों ओर अधिक वायुदाब मिलता है। ध्रुवों की ओर शीत के कारण और विषुवत रेखा की ओर मध्य अक्षांशों के समीप पृथ्वी की गति के कारण।

(ख) इन पेटियों में स्थित समुद्रों में गरम जल-धाराएँ चला करती हैं जिनसे यहाँ तापमान बढ़ जाता है और वायुदाब कम हो जाता है।

(ग) पृथ्वी की आवर्तन गति के कारण ध्रुवों के ऊपर भँवर (whirl) उत्पन्न हो जाती है। वायु की इस भँवर से ध्रुवों पर गड़बा बन जाता है। फलस्वरूप ध्रुवों के ऊपर वायु की कमी से न्यून वायुदाब की प्रवृत्ति उत्पन्न हो जाती है। परन्तु यहाँ इतनी भीषण ठण्ड पड़ती है कि जिससे तापमान के प्रभाव के सम्मुख पृथ्वी की गति का प्रभाव नगण्य हो जाता है। तापमान के प्रभाव से ध्रुवों पर उच्च दाब बना रहता है और न्यून वायुदाब की पेटी अन्ततः ध्रुव वृत्तों के ऊपर अथवा ठीक उनके बाहर बनती है।

इस प्रकार यहाँ ये पेटियाँ पृथ्वी की परिभ्रमण गति और तापमान दोनों के सम्मिलित प्रभाव से बनती हैं।

(4) **ध्रुवीय उच्च वायुदाब की पेटियाँ (Polar High Pressure Belts)**—ध्रुव वृत्तों से ध्रुवों की ओर जाने पर वायुदाब बढ़ता जाता है। ध्रुवों के निकट तो उच्च वायुदाब का एक विशेष क्षेत्र बन जाता है। जिस प्रकार विषुवत रेखा के निकट न्यून वायुदाब का कारण तापमान की अधिकता है उसी प्रकार ध्रुवों के समीप उच्च वायुदाब का कारण तापमान की न्यूनता है।

ध्रुवों के निकट वायुदाब की व्यवस्था और उनकी प्रकृति (character) कुछ कम ही समझ में आता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में जल और स्थल भागों की एक समान व्यवस्था (symmetrical arrangement) है। ध्रुव के ऊपर बर्फ से ढका हुआ एक महाद्वीप है और उनके चारों ओर बाधा रहित समुद्र फैले हुए हैं। इन सब कारणों से यहाँ वायुदाब एक समान पाये जाते हैं। अण्टार्कटिक महाद्वीप के ऊपर सदा उच्च वायुदाब रहता है और उसके चारों ओर उप-ध्रुवीय न्यून वायुदाब की पेटी फैली रहती है। इसके विपरीत उत्तरी गोलार्द्ध में वायुदाब की ऐसी सरल व्यवस्था नहीं दिखाई पड़ती है। उत्तरी ध्रुव के समीप समुद्र है जो अधिकतर समय बर्फ (pack ice) से ढका रहता है। उत्तरी ध्रुव सागर के समीप यूरेशिया और उत्तरी अमरीका के महाद्वीप फैले हुए हैं जहाँ ऋतुओं के साथ वायुदाब और तापमान में बड़ा भारी अन्तर पड़ता रहता है। वायु-

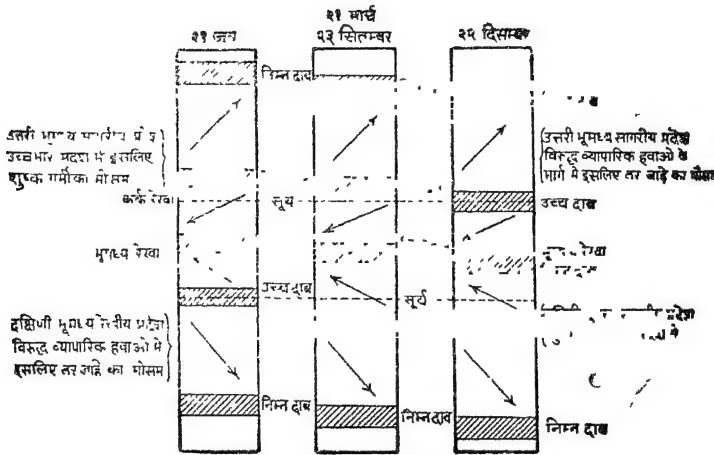
दाब और तापमान में यह परिवर्तन ध्रुव प्रदेश के भीतरी भागों को प्रभावित करते हैं। शीत-ऋतु में ध्रुवों की अपेक्षा उत्तरी यूरोशिया और उत्तरी अमरीका पर उच्च वायुदाब रहता है। बर्फ से ढका हुआ ग्रीनलैण्ड प्रदेश ध्रुव प्रदेश की अपेक्षा आर्कटिक प्रदेश में उच्च वायुदाब का स्थायी केन्द्र है। उत्तरी अन्ध महासागर में आइसलैण्ड (Iceland) और उत्तरी प्रशान्त में एल्यूशियन द्वीपसमूह (Alucian IIs) के न्यून वायुदाब केन्द्र उप-ध्रुवीय न्यून वायुदाब पेटो के विभिन्न भाग हैं।

वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन (Seasonal Change of Pressure)

वायुदाब तापमान पर निर्भर है और तापमान सूर्य की ऊँचाई पर। आकाश में सूर्य की ऊँचाई ऋतुओं के अनुसार बदलती रहती है। इस कारण धरातल पर तापमान कभी भी स्थायी नहीं होता। तापमान सदा ऋतुओं के अनुसार बदलता रहता है। तापमान के इस परिवर्तन के कारण ही वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन होता है।

जिस प्रकार दैनिक तापमान अन्तर से वार्षिक तापान्तर महत्त्वपूर्ण है उसी प्रकार वायुदाब के दैनिक परिवर्तन से वायुदाब का ऋतुवत् परिवर्तन अधिक महत्त्वपूर्ण है। वायुदाब के ऋतुवत् परिवर्तन के फलस्वरूप ही एक स्थान की वायु-राशि दूसरे स्थान को चलती है जिससे न केवल उस स्थान का वायुदाब ही बदल जाता है वरन् उस स्थान के मौसम पर भी अभूतपूर्व प्रभाव पड़ता है।

वायुदाब के ऋतुवत् परिवर्तन को भलीभाँति समझने के लिए जनवरी और जुलाई के वायुदाब मानचित्रों का ज्ञान आवश्यक है। इन मानचित्रों के अध्ययन से हमें यह स्पष्ट ज्ञात होता है कि वायुदाब की पेटियाँ सूर्य के उत्तर और दक्षिण की ओर खिसकने के साथ ही साथ ऊपर-नीचे भी खिसकती रहती हैं। ग्रीष्मऋतु में जब सूर्य उत्तरी गोलार्द्ध में सीधा चमकता है तो उत्तरी



चित्र 103—वायुदाब की पेटियों का खिसकना

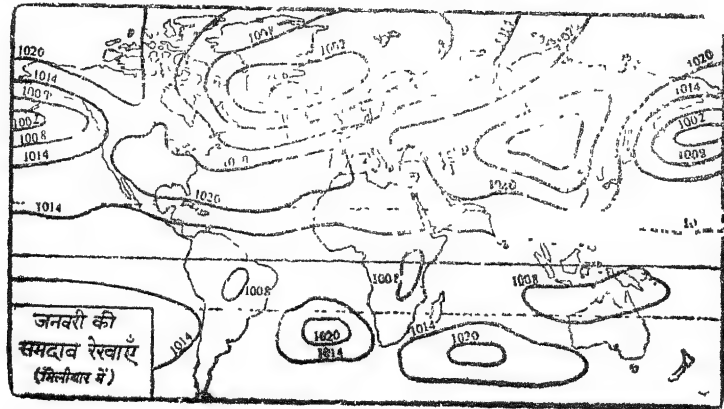
गोलार्द्ध का अधिकतर भाग गरम हो उठता है। इस कारण विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब वाली पेटो कुछ उत्तर की ओर खिसक जाती है। इसी के अनुसार अन्य पेटियाँ भी कुछ ऊपर सरक जाती हैं। शीतऋतु में सूर्य दक्षिणी गोलार्द्ध में सीधा चमकता है। परिणामस्वरूप उत्तरी गोलार्द्ध ठण्डा और दक्षिणी गोलार्द्ध गरम हो जाता है। अतः विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब वाली पेटो इस समय कुछ दक्षिण को खिसक जाती है। इसके खिसकने के साथ-साथ अन्य पेटियाँ भी खिसक जाती हैं। वायुदाब की पेटियों के इस प्रकार स्थान परिवर्तन से भिन्न-भिन्न पेटियों की सीमा वाले प्रदेशों में

कभी न्यून वायुदाब की पेटी का प्रभाव रहता है और कभी उच्च वायुदाब की पेटी का। जैसे अयनवृत्तीय प्रदेश (कर्क और मकर रेखा के समीपस्थ क्षेत्र) गर्मी में न्यून वायुदाब के प्रभाव में और सर्दी में उच्च वायुदाब के प्रभाव में रहते हैं। यही बात मध्यवर्ती अक्षांशों के लिए भी सही है। इस तरह सूर्य की किरणों के कभी उत्तर और कभी दक्षिण का सीधा चमकने के कारण वायुदाब की पेटियाँ ऊपर-नीचे खिसकती रहती हैं। परन्तु इसका अधिकतम प्रभाव स्थल भागों पर ही होता है जिससे वहाँ ग्रीष्म व शीत में प्रतिकूल वायुदाब रहता है।

वायुदाब पर जल और स्थल के विन्यास का अत्यधिक प्रभाव पड़ता है। उत्तरी गोलार्द्ध में जल की अपेक्षा स्थल अधिक है। स्थल की अधिकता का वायुदाब पर बहुत प्रभाव पड़ता है। शीतऋतु में स्थल खण्ड इतना ठण्डा हो जाता है कि अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब की पेटी अविच्छिन्न रूप से समस्त स्थल खण्ड पर फैल जाती है। परन्तु ग्रीष्मऋतु में यही भाग इतने अधिक गरम हो जाते हैं कि उच्च दाब की पेटी बिलकुल नष्ट हो जाती है। उच्च दाब के स्थान पर वहाँ न्यून दाब की पेटी स्थापित हो जाती है। इसी समय इनके समीपीय समुद्रों में जाड़ों में न्यून दाब और ग्रीष्म में उच्च दाब बन जाया करता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थल की अपेक्षा जल बहुत अधिक है। अतः यहाँ वायुदाब में ऐसा कोई परिवर्तन देखने को नहीं मिलता। दक्षिणी गोलार्द्ध में वायुदाब की पेटियाँ अक्षांशों के समान्तर होती हैं परन्तु उत्तरी गोलार्द्ध में वायुदाब की पेटियाँ बहुत अधिक वक्रता लिए हुए रहती हैं।

जनवरी का वायुदाब (Pressure in January)

जनवरी मास के समदाब दर्शक मानचित्र को देखने से यह स्पष्ट ज्ञान होता है कि इस समय वायु का सबसे अधिक दबाव यूरेशिया के मध्य में है। यहाँ इस समय वायु का दाब लगभग 30.6 इंच रहता है। उत्तरी गोलार्द्ध में अधिक दबाव के अन्य क्षेत्र इस समय 30° उत्तरी अक्षांश के समीप कैलिफोर्निया के पश्चिम में प्रशान्त महासागर, कोलम्बिया का पठार, सहारा मरुस्थल और अन्ध महासागर में पाये जाते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में इस ऋतु में उच्च दाब के केन्द्र दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट के समीप प्रशान्त महासागर, अफ्रीका के पश्चिमी तट के पास अन्ध महासागर



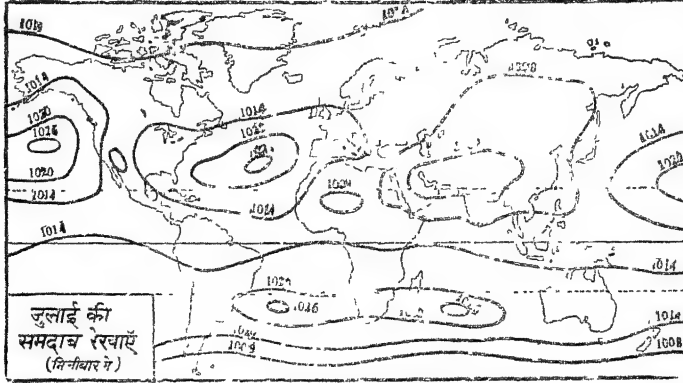
चित्र 104—जनवरी की समदाब रेखाएँ

और ऑस्ट्रेलिया के पश्चिम में हिन्द महासागर में पाये जाते हैं। इसी समय कम दबाव के क्षेत्र उत्तरी गोलार्द्ध में उत्तरी अन्ध महासागर में आइसलैंड और उत्तरी प्रशान्त में एल्यूशियन द्वीपों में फैले रहते हैं। यहाँ वायुदाब लगभग 29.7 इंच रहता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में कम दबाव के

क्षेत्र विषुवन रेखा के समीप दक्षिणी अमरीका, अफ्रीका, आस्ट्रेलिया और पूर्वी द्वीप समूह के भीतरी भागों में पाये जाते हैं।

जुलाई का वायुदाब (Pressure in July)

जुलाई के समदाब दर्शक मानचित्र का अध्ययन करने से यह ज्ञान होता है कि इस समय दक्षिणी गोलार्द्ध में वायु का दबाव बहुत बड़ा हुआ है। 30° दक्षिणी अक्षांश के आसपास उच्च दाब की पेट्टी बिना किसी रुकावट के विस्तृत भाग में फैली हुई पायी जाती है। उत्तरी गोलार्द्ध में



चित्र 105—जुलाई की समदाब रेखाएँ

इस ऋतु में उच्च दाब के क्षेत्र उत्तरी अन्ध महासागर में एजोर्स द्वीप और उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट के समीप उत्तरी प्रशान्त महासागर में स्थित हैं। इसके विपरीत न्यून वायुदाब यूरेगिया के मध्य भाग, आइसलैण्ड और कनाडा के उत्तर में बेफिन की खाड़ी आदि स्थानों में फैले पाये जाते हैं। इस प्रकार इस गोलार्द्ध में उच्च वायुदाब समुद्र पर और न्यून वायुदाब स्थल-खण्डों पर पाया जाता है।

हवाएँ (Winds)

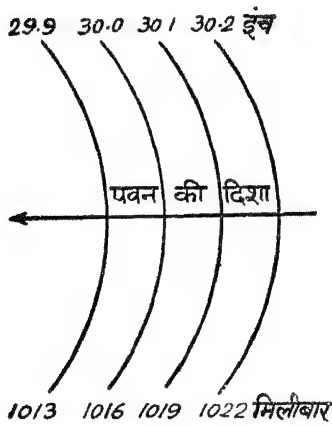
सूर्य शक्ति का मुख्य स्रोत है। वायुमण्डल की गति का कारण भी सूर्य ही है। वायुमण्डल में घटित होने वाली समस्त घटनाएँ इसी शक्ति का परिणाम हैं। इसी से वायुमण्डल गरम होता है, बादल बनते हैं, वर्षा होती है और बिजली चमकती है। धरातल पर चलने वाली हवाओं का कारण भी भू-तल का असमान ताप है। इस प्रकार धरातल की समस्त गतिविधियों के पीछे आदि कारण सूर्याभिताप ही है। यह बात सर नेपियर शाँ (Sir Napier Shaw) जैसे प्रबुद्ध ऋतु-विज्ञान वेत्ता के कथन से और भी स्पष्ट हो जाती है। उसका कहना है कि "सृष्टि के प्रारम्भ से धरती पर जब भी कोई वर्षा की बूँद गिरी या किसी पवन ने जहाज को गति प्रदान की अथवा नष्ट किया तो उसके पीछे कार्य करने वाली ताप शक्ति ही थी।"¹

धरातल पर हवाओं के चलने का मुख्य कारण तापमान का असमान वितरण है। वायु भूमि के ताप द्वारा गरम होती है। किन्तु भूमि का तापमान कहीं अधिक और कहीं कम होता है। इसलिए वायु कहीं गरम और कहीं ठण्डी होती है। वायु के गरम और ठण्डे होने से पवन प्रवाह का गहरा सम्बन्ध है।

¹ Trewartha : Introduction to Weather and Climate, p. 57

ताप से हर एक वस्तु फैलती है और ठण्डक से सिकुड़ती है। वायु भी भौतिक वस्तु होने से गर्मी पाकर फैलती है और अपने आयतन (density) में बढ़ जाती है। इस प्रकार गर्मी से वायु का प्रसार होता है जिससे उसका दाब कम हो जाता है। गर्मी फैलकर आयतन में बढ़ी हुई वायु का तापमान जब घट जाता है तो वह ठण्डी हो जाती है। ठण्डी होने पर वायु सिकुड़ती है जिससे उसका आयतन घटता है। दूसरे शब्दों में, उसका दबाव बढ़ जाता है। इस प्रकार जब कभी वायुमण्डल के किसी भाग में दबाव बढ़ जाता है तो वहाँ से हवा कम दबाव वाले स्थान की ओर चलने लगती है। इस चलती हुई वायु को ही पवन (Wind) कहा जाता है। **फिन्च एवं ट्रेवार्था महोदय** के शब्दों में, "It (wind) represents nature's attempt to correct pressure inequalities" or "The maintenance of heat balance between the higher and lower latitudes in spite of their radiation unbalance."¹ धरातल पर चलने वाली हवाएँ इस प्रकार भू-तल पर वायुदाब में अन्तर होने से चलती हैं। अतः हवाओं की उत्पत्ति के लिए ऐसी हवाओं का होना जरूरी है, जिनके दबाव में अन्तर हो। यहाँ यह कह देना भी उपयुक्त होगा कि जो हवा इधर से उधर धरातल के समान्तर चलती है उसी को पवन कहा जाता है। वायुमण्डल में लम्बवत् या ऊपर-नीचे चलने वाली हवा को वायुतरंग अथवा वायु धारा (air current) कहा जाता है।

दाब-प्रवणता—धरातल पर वायु-प्रवाह का सम्बन्ध वायुदाब के अन्तर से है। वायुदाब के अन्तर को वायुदाब का ढाल (Pressure gradient) या बैरोमीटर का ढाल (Barometrice slope) कहा जाता है। धरातल पर चलने वाली पवनों की प्रवाह-दिशा और गति वायुदाब के ढाल से ही ज्ञात होती है। वायुदाब और हवाओं के सम्बन्ध में दो बहुत ही महत्त्वपूर्ण नियम हैं। पहला, पवन प्रवाह सदैव उच्च दाब से निम्न दाब की ओर होता है। दूसरा, पवन की प्रवाह गति वायुदाब के अन्तर की न्यूनाधिकता पर निर्भर करती है। जब वायुदाब का ढाल प्रपाती होगा तो हवाएँ तेज गति से चलेंगी और जब वायुदाब का ढाल कम होगा तो हवाएँ धीमी गति से चलेंगी।



चित्र 106—दाब-प्रवणता और उसकी दिशा
उसकी दिशा
प्रेसर) और भूमध्य रेखा पर न्यून दाब (low pressure) बना रहता। भूमध्य रेखा पर

वायुदाब के ढाल (Pressure gradient) तथा हवाओं की प्रवाह गति का ज्ञान समदाब रेखाओं के अध्ययन से किया जा सकता है। यदि समदाब रेखाएँ पास-पास हों तो ढाल (gradient) प्रपाती (steep) होगा और हवाएँ तीव्र गति से चलेंगी किन्तु यदि समदाब रेखाएँ काफी दूर-दूर हुईं तो वायुदाब का ढाल बहुत मन्द होगा जिससे हवाओं की गति भी धीमी होगी। जब कभी एक लम्बे-चौड़े क्षेत्र में वायुदाब के ढाल का अभाव-सा होता है तो उस समय वहाँ पूर्ण शान्ति (calms) रहती है।

यदि पृथ्वी स्थिर होती और उसके ऊपर सब जगह जल ही जल अथवा स्थल ही स्थल होता तो सूर्य की किरणों सदैव विषुवत रेखा पर सीधी चमकतीं। ऐसी अवस्था में विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर तापमान बराबर घटता जाता, जिससे ध्रुवों पर सदैव ही उच्च दाब (high pressure) और भूमध्य रेखा पर न्यून दाब (low pressure) बना रहता। भूमध्य रेखा पर

¹ V. C. Finch & G. T. Trewartha : *Elements of Geography*, p. 46

प्रचण्ड ताप के कारण उष्ण हवा फैलकर बराबर ऊपर उठेगी और वायुमण्डल में ऊपर ही ऊपर ध्रुवों की ओर चलेगी। ध्रुव प्रदेशों में यह धरातल पर नीचे उतरेगी और ठण्डी धरातली हवाओं में मिलकर पुनः भूमध्य रेखा की ओर चल पड़ेगी। ऐसी परिस्थिति में धरातल पर दो बड़ी संवहन धाराएँ (convectional currents) बन जायेंगी जो प्रत्येक गोलार्द्ध में भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर चलेंगी। पर हम देखते हैं कि धरातल पर तापजनित हवाओं की ऐसी कोई व्यवस्था नहीं पायी जाती। क्योंकि न तो पृथ्वी ही स्थिर है और न धरातल पर सब ही जगह जल ही जल अथवा स्थल ही स्थल है।

ग्रहीय अथवा स्थायी हवाएँ (The Planetary Wind System)

धरातल पर हवाओं की व्यवस्था को समझने के लिए यदि हम किसी तरह धरातल को समरूप (Homogeneous) और पृथ्वी को घूमती हुई मान ले तो दो बहुत बड़े भेद स्पष्टतः ज्ञात होंगे।

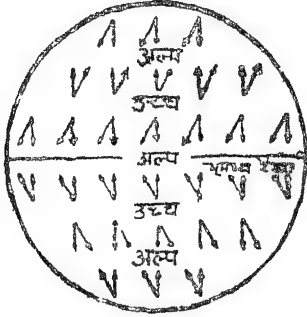
(1) पृथ्वी की गति के कारण धरातल पर अयन रेखाओं के समीप—लगभग 30° से 35° अक्षांश—उच्च वायुदाब की पेटियाँ और 60° से 65° अक्षांशों के समीप न्यून वायुदाब की पेटियाँ स्थापित हो जायेंगी जिससे भूमध्य रेखा और ध्रुवों के बीच पवनों की कई विभिन्न पेटियाँ बन जायेंगी।

(2) पृथ्वी की गति से उत्पन्न विक्षेप बल (Deflective force) के कारण हवाएँ वायुदाब के ढाल के अनुरूप सीधी उत्तर-दक्षिण दिशा को न चलकर कुछ मुड़ जायेंगी।

उपरोक्त व्यवस्था के अनुसार धरातल पर 6 बड़ी पवन धाराएँ चलने लगेंगी। इनमें से प्रत्येक वायु धारा उच्च वायुदाब क्षेत्र में उत्पन्न होती है और गुस्त्वाकर्षण शक्ति से वायुदाब के ढाल के अनुरूप निम्न वायुदाब की ओर प्रवाहित होती है। विषुवत रेखा के दोनों ओर उपोष्ण उच्च वायुदाब की पेटियाँ (Sub-tropical high pressure belts) से दो बड़ी पवन धाराएँ उत्पन्न होती हैं जो वायुदाब के ढाल के अनुसार भूमध्यरेखीय न्यून दाब की ओर प्रवाहित होती हैं। ये हवाएँ सन्मार्गी हवाएँ कहलाती हैं। इसी तरह उपोष्ण उच्च दाब की पेटियों से हवाओं की दो धाराएँ उपध्रुवीय निम्न वायुदाब (Sub-polar low) की ओर चलती हैं। ये पछुवा हवाएँ (Westerlies) कहलाती हैं। इनके अतिरिक्त हवा की दो धाराएँ ध्रुवीय उच्च दाब (Polar highs) से उपध्रुवीय न्यून दाब की पेटियों की ओर चलती हैं, जहाँ ये निम्न अक्षांशों से आने वाली पछुवा हवाओं से मिलती हैं। उच्च अक्षांशों से चलने वाली ये हवाएँ जिनके बारे में बहुत कम ज्ञान है, ध्रुवीय हवाएँ (Polar winds) कहलाती हैं। धरातल के ऊपर उच्च वायुदाब और निम्न वायुदाब की पेटियों में वायुदाब का ढाल अत्यन्त ही मन्द (weak) और अस्थिर रहता है। अतः इन भागों में हवाओं की कोई समुचित व्यवस्था नहीं देखी जाती है। यहाँ अधिकतर शान्ति (calms) रहती है। कभी-कभी अस्थिर हवाएँ (Variable Winds) भी चला करती हैं। इस प्रकार सन्मार्गी हवाओं और विषुवत-रेखीय न्यून दाब की पेटियों के बीच भूमध्यरेखीय शान्त मेखला या डोलड्रम स्थित है। विषुवत रेखा के दोनों ओर उपोष्ण उच्च दाब की पेटियों के समीप सन्मार्गी हवाओं और पछुआ हवाओं के बीच उपोष्ण शान्त मेखला (Sub-tropical belts of variable winds and calms) है जिसे अश्व अक्षांश (Horse latitudes) भी कहा जाता है। इसी प्रकार उपध्रुवीय निम्न दाब प्रदेशों के समीप पछुआ हवाओं और ध्रुवीय हवाओं के बीच कुछ अस्थिर हवाओं के प्रदेश हैं। इन प्रदेशों का कोई विशिष्ट नाम नहीं है।

धरातल की ऊपर वर्णित हवाओं को यदि किसी मानचित्र पर चित्रित किया जाय तो उनकी प्रवाह दिशा ठीक समदाब रेखाओं से समकोण बनाती हुई सीधी उत्तर से दक्षिण होगी।

परन्तु धरातल पर चलने वाली हवाएँ कभी भी सीधे उत्तर से दक्षिण को नहीं चला करती। चलते समय उनकी प्रवाह दिशा कुछ बदल जाती है। अतः सन्मार्गी हवाएँ उत्तर या दक्षिण से चलने की अपेक्षा उत्तर-पूर्व और दक्षिण-पूर्व से चलती है। इसी तरह अयनवृत्तीय उच्च दाब की पेटियों से ध्रुवों की ओर चलने वाली पछुवा हवाएँ उत्तर या दक्षिण को सीधी न चलकर उत्तर-पश्चिम और दक्षिण-पश्चिम से चलती है। ध्रुवों से आने वाली ध्रुवीय हवाएँ भी इसी प्रकार उत्तरी-पूर्वी और दक्षिणी-पूर्वी होती है। धरातल पर चलने वाली इन हवाओं की प्रवाह दिशा में परिवर्तन पृथ्वी की परिभ्रमण गति के प्रभाव से उत्पन्न होता है। पृथ्वी की परिभ्रमण गति के



प्रभाव से समस्त हवाएँ उत्तरी गोलार्द्ध में दायी ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में बायी ओर मुड़ जाती है। पृथ्वी की परिभ्रमण गति के प्रभाव से हवाओं के इस प्रकार दिशा बदल देने की सर्वप्रथम खोज फेरल (Ferral) नामक अमरीकी वैज्ञानिक ने की थी। अतः हवाओं के सम्बन्ध में इस नियम को फेरल का नियम (Ferral's law) कहते हैं। इस नियम के अनुसार हवाओं का झुकाव भूमध्य रेखा के समीप बहुत कम होता है। परन्तु भूमध्य रेखा से ज्यों-ज्यों हम उच्च अक्षांशों की ओर जाते हैं, हवाओं का यह झुकाव बराबर बढ़ता जाता

चित्र 107—फेरल के नियमानुसार है। पृथ्वी के धरातल से 3000-4000 फुट की ऊँचाई पर हवाओं का मुड़ना जहाँ अवरोध (friction) प्रायः नहीं होता, हवाएँ समदाब रेखाओं के बिल्कुल समान्तर चलती हैं। किन्तु स्थल भागों पर प्रायः धरातली हवाएँ समदाब रेखाओं से 30° से 40° का कोण बनाती हैं। समुद्रों पर यह कोण 90° तक ही रहता है। पृथ्वी के धरातल से कई हजार फुट की ऊँचाई पर जहाँ हवाएँ समदाब रेखाओं के ठीक समान्तर चलती हैं, हवाओं की प्रवाह दिशा इस तरह रहती है कि उत्तरी गोलार्द्ध में निम्न वायुदाब उसके बायी ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में दायी ओर रहता है। हवाओं की प्रवाह दिशा और वायुदाब सम्बन्धी यह नियम बाइज बेल्लट नामक विद्वान ने स्थापित किया था। इसलिए इस नियम को बाइज बेल्लट का नियम (Buys Bellat's Law) कहते हैं।

असमान धरातल पर वायु प्रवाह

समरूप धरातल और भ्रमणशील पृथ्वी के ऊपर जिस प्रकार की कल्पना हमने वायुदाब और हवाओं के सम्बन्धों में ऊपर की है वह इतनी सीधी और सरल है कि वायुदाब तथा हवाओं की वैसी व्यवस्था धरातल पर वस्तुतः दिखाई नहीं देती। इसका प्रमुख कारण यह है कि पृथ्वी का धरातल कहीं भी समरूप नहीं है। पृथ्वी के धरातल पर जल और स्थल के रूप में कई विभेद हैं। अतः जल और स्थल के विन्यास का वायुदाब और हवाओं के प्रवाह पर बहुत प्रभाव पड़ता है। दक्षिणी गोलार्द्ध में जहाँ स्थल का अभाव-सा है और जल की बहुत कुछ एकसी परत विद्यमान है, हवाओं का प्रवाह बहुत अशो तक ऊपर वर्णित पेटियों के अनुसार ही होता है। परन्तु उत्तरी गोलार्द्ध में जहाँ स्थल और जल खण्ड दोनों ही समान रूप से विद्यमान हैं, उच्च वायुदाब और निम्न वायुदाब की पेटियाँ अलग-अलग केन्द्रों में बँट जाती हैं। इन केन्द्रों के चारों ओर चक्रवात तथा प्रति-चक्रवात हवाओं की व्यवस्था पायी जाती है। जाड़े की ऋतु में ऐसे 6 अर्द्ध-स्थायी केन्द्र देखे जा सकते हैं जो निम्न प्रकार हैं :¹ (1) आइसलैण्ड न्यून दाब केन्द्र, (2) एल्यूशियन न्यून दाब

¹ V. C. Finch and G. T. Trewartha : *Elements of Geography*, p. 56

केन्द्र, (3) प्रशान्त का उच्च दाब केन्द्र, (4) एजोर्स उच्च दाब केन्द्र, (5) उत्तरी अमरीका का उच्च दाब केन्द्र, तथा (6) एशिया का उच्च दाब केन्द्र।

विषुव प्रशान्तमण्डल अथवा डोलड्रम (The Coldrums or Equatorial Belt of Calms)

विषुवत रेखा के आसपास हमेशा सूर्य लम्बवत चमकता है जिससे वहाँ साल भर ऊँचा तापमान रहता है। ऊँचे तापमान होने के कारण यहाँ हवा गरम होकर हल्की हो जाती है एवं ऊपर की ओर फैलती है। इसके अतिरिक्त यहाँ सदैव अपेक्षाकृत ठण्डी सन्मार्गी हवाएँ आकर जमा होती है जो यहाँ की गरम हवा को ऊपर उठने को प्रेरित करती हैं। अतः इस भाग में संवहन धाराओं की गति, व्यापारिक हवाओं का जमाव, ये दोनों ही ऐसे कारण हैं जिसके फलस्वरूप यहाँ वायुवहन धरातल के अनुरूप न होकर धरातल के ऊपर की ओर होता है। यहाँ हवाओं के ऊपर उठने का प्रमाण हमें आकाश में घने कपासी (cumulus) बादलों के तड़ित झंझा (thunder storm) तथा भारी संवहन वर्षा (convictional rain) से मिलता है।

भूमध्य रेखा के इस प्रदेश में वायुदाब के ढाल (Barometric gradients) का सर्वथा अभाव पाया जाता है। अतः यहाँ स्थायी धरातली हवाओं का प्रभाव बड़ा ही क्षीण रहता है। यहाँ साल में अविकांगतः हवाएँ शान्त रहती हैं। इसलिए इसको प्रशान्तमण्डल कहा गया है। यहाँ प्रवाहित हवाएँ बहुत ही हल्की तथा धीमी चलने वाली होती हैं जो सामान्यतः सभी दिशाओं से समान गति से आती हैं। व्यापारिक हवाएँ यहाँ एकत्रित होकर ऊपर उठती हैं। इस कारण इस प्रशान्तमण्डल में कभी तूफान आते हैं, कभी बिजली चमकती है, कभी वर्षा होती है और कभी शान्त रहती है। कभी-कभी हल्की हवाएँ चलती रहती हैं। साधारणतः यहाँ का मौसम बड़ा अच्छा होता है। हवा से खेये जाने वाले जहाज हमेशा इस प्रदेश से बचकर निकलने की चेष्टा करते हैं, क्योंकि यदि कोई जहाज हवाओं की इस शान्त पेटी में फँस जाय तो बहुत दिनों तक इससे निकलना कठिन हो जाता है।

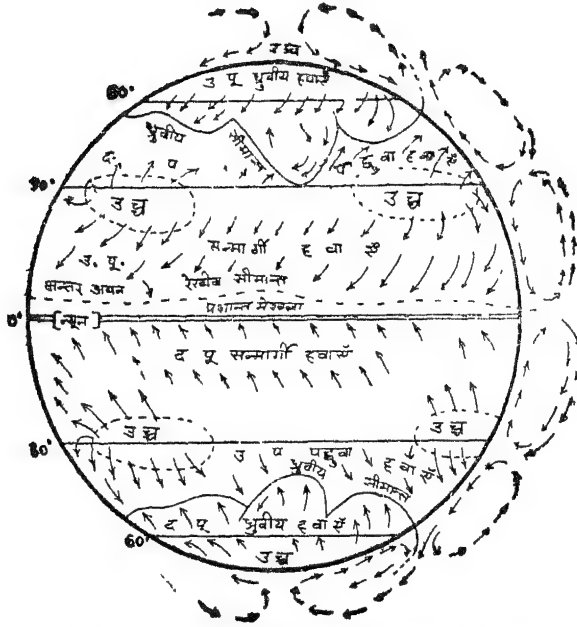
भूमध्य रेखा की अनियमित हवाएँ और प्रशान्तमण्डल वास्तव में विषुवत रेखा के चारों ओर स्पष्ट एक पेटी के रूप में नहीं हैं। इसका विस्तार ऋतुओं के अनुसार बदलता रहता है। कई स्थानों तथा समयों पर यह व्यापारिक और मानसून हवाओं के प्रभाव से बिलकुल नष्ट हो जाता है। इसकी उत्तरी तथा दक्षिणी सीमा कुछ दिनों की अवधि में कई अंश इधर-उधर हो जाती है।

यद्यपि विषुवतरेखीय अनियमित पवनों के इस प्रदेश को ही प्रायः प्रशान्तमण्डल कहा जाता है, परन्तु वास्तव में यहाँ ऐसी अवस्थाएँ नहीं पायी जाती। विस्तार में यह पेटी बहुत ही अनिश्चित है परन्तु इसकी औसत चौड़ाई 320 से 480 किमी है। कभी-कभी यह कई स्थानों पर भूमध्य रेखा से 10° तक फैल जाती है। परन्तु कई अन्य स्थानों पर विशेषतः मानसूनी खण्डों में यह पूरी तरह अदृश्य हो जाती है। अन्ध महासागर के ऊपर जुलाई महीने में यह प्रशान्तमण्डल 3° से 11° अक्षांश के बीच तथा जनवरी में 0° से 3° अक्षांश के बीच फैला हुआ पाया जाता है। किन्तु इसका अधिकतर भाग 5° उत्तर तथा 5° दक्षिण अक्षांश के बीच पाया जाता है। आधुनिक वायु-राशि भाषा में इस प्रदेश की आर्द्र हवा को विषुवतरेखीय वायु-राशि (Equatorial air-mass) अथवा उष्ण अस्थिर वायु-राशि कहा जाता है।

व्यापारिक हवाएँ (Trade Winds)

प्रत्येक गोलार्द्ध में अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब से विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब की ओर

चलने वाली हवाओं को व्यापारिक हवाएँ कहा जाता है। ये हवाएँ 30° या 35° से 5° या 10°



चित्र 108—धरातल की स्थायी वायुदाब की पेटियाँ और स्थायी हवाओं का प्रवाह

पूर्वी व्यापारिक हवाएँ कहलाती हैं। उत्तरी-पूर्वी और दक्षिण-पूर्वी व्यापारिक हवाएँ दोनों पृथ्वी के जल-खण्ड का लगभग 30-6% भाग घेरे हुए हैं। जब ये हवाएँ महाद्वीपों के ऊपर तथा उनके समीप होकर चलती हैं तो इनकी दिशा और गति में बड़ा अन्तर पड़ जाता है।

धरातल पर चलने वाली हवाओं में व्यापारिक हवाएँ ही सबसे अधिक नियमित रूप से चलने वाली हवाएँ हैं। समुद्रों पर इनकी प्रवाह गति बड़ी निश्चित होती है। अधिकतर इनकी प्रवाह गति 16 से 24 किमी प्रति घण्टा होती है। दक्षिणी अन्ध महासागर इन हवाओं के चलने का केन्द्र है। वहाँ ये हवाएँ साल भर अबाध रूप से दिन-रात अपनी निश्चित दिशा और गति से चलती रहती हैं। दक्षिणी अन्ध महासागर में स्थित सेण्ट हेलेना (St. Helena) नामक द्वीप के ऊपर विभिन्न दिशाओं से आने वाली हवाओं का औसत निम्न प्रकार से रहता है :¹

	उ०	उ०-पू०	पू०	द०-पू०	द०	द०-पू०	शान्त
दिसम्बर से फरवरी	—	—	3	56	39	2	—
जनवरी से अगस्त	—	2	4	47	37	4	6

समुद्रों की अपेक्षा स्थल-खण्डों के ऊपर और हवाओं की पेटियों के समीप व्यापारिक हवाएँ कम चुस्त होती हैं। सर्दियों की ऋतु में उनका रूप बड़ा निश्चित होता है और गति भी तीव्र होती है। ग्रीष्म में चूँकि अयनवृत्तीय उच्चदाब की पेटि महाद्वीपों के अत्यधिक गरम हो जाने से टूट जाती है इसलिए इस मौसम में व्यापारिक हवाओं की पेटि छिन्न-भिन्न हो जाती है। इनका प्रवाह भी इसलिए कमजोर पड़ जाता है। विशेषतः दक्षिणी-पूर्वी एशिया और कुछ अंशों में संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिण और पूर्व के समुद्रों पर ग्रीष्मऋतु के मानसून व्यापारिक हवाओं को कमजोर

1 W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 133

कर देते हैं और कभी-कभी उनको समाप्त भी कर देते हैं। जाड़े की ऋतु में इसके विपरीत महाद्वीपों से चलने वाली मानसून हवाएँ व्यापारिक हवाओं को गतिशील और मजबूत बना देती हैं। भूमध्यरेखीय भागों को छोड़कर व्यापारिक हवाओं के प्रदेश में बहुत ही उमड़ा और स्वच्छ मौसम रहता है। यदाकदा कुछ तूफान अवश्य आ जाया करते हैं। व्यापारिक हवाओं से सम्बन्धित सबसे भयंकर तूफान हरीकेन होते हैं जो ग्रीष्म के अन्त अथवा जाड़े के प्रारम्भ में हवाओं के पश्चिमी किनारे समुद्रों पर आते हैं।

उपोष्ण प्रशान्तमण्डल अथवा अश्व अक्षांश

(The Sub-tropical Belts of Calms or the Horse Latitude)

भूमध्य रेखा से जो गरम हवाएँ ऊपर उठती हैं वे हल्की होकर फैलती हैं। फैलने से गर्मी कुछ कम हो जाती है। ऊपर की ठण्डी हवाएँ भी उनको ठण्डा करने में सहयोग देती हैं। इस प्रकार शीतल होने से वह भारी हो जाती है और नीचे उतरने की चेष्टा करती हैं। परन्तु निरन्तर भूमध्य रेखा के समीप ऊपर उठती हुई गरम हवाएँ उन्हीं नीचे उतरने का अवसर नहीं देती। अतः ये हवाएँ प्रचलित सन्मार्गी हवाओं की उल्टी दिशा में चलने लगती हैं और 30° उत्तरी तथा दक्षिणी अक्षांश रेखाओं के समीप धरातल पर नीचे उतरती हैं जिसमें यहाँ हवा का दबाव बढ़ जाता है और विपुवत रेखा के दोनों ओर 30° और 90° अक्षांशों के बीच उच्च दाब की पेटियाँ स्थापित हो जाती हैं। इन प्रदेशों में हवाएँ ऊपर से नीचे धरातल पर उतरती हैं अतः हवाएँ बिल्कुल शुष्क होती हैं। यद्यपि यहाँ चलने वाली हवाएँ विषुवतरेखीय प्रशान्तमण्डल के अनुरूप ही होती हैं, परन्तु यहाँ का मौसम विषुवतरेखीय प्रशान्तमण्डल से बिल्कुल विपरीत होता है। चूँकि इन प्रदेशों में हवाएँ बराबर ऊपर से उतरकर जमा होती रहती हैं और फिर धरातल के अनुरूप चला करती हैं। इसलिए यहाँ चलने वाली हवाएँ एकदम शुष्क होती हैं। यहाँ आकाश सदैव स्वच्छ रहता है। प्रचुर मात्रा में सूर्यताप मिलता है, वर्षा अपेक्षतया कम होती है और मौसम अधिकतर अच्छा रहता है। उपोष्ण प्रशान्तमण्डल के ये प्रदेश 30° और 40° अक्षांशों के समीप पाये जाते हैं। कभी-कभी ये भूमध्यसागरीय अक्षांश भी कहलाते हैं, क्योंकि ये भूमध्यसागर के ऊपर ही स्थित हैं। इस प्रदेश में वायुदाब का ढाल (Barometric gradient) मन्द रहता है। अतः यहाँ चलने वाली स्थायी हवाएँ बिल्कुल शान्त रहती हैं। हवाएँ सभी दिशाओं से चलती हैं। हवाएँ चलने की अवधि में 15-20 प्रतिशत समय में पूर्ण शान्ति रहती हैं और शेष समय में बहुत हल्की और अस्थिर हवाएँ चला करती हैं।

हवा के अभाव में इन अक्षांशों में भारी नावों तथा जहाजों को खेना बड़ा ही कठिन होता है। प्राचीन समय में जब घोड़ों के व्यापारियों के जहाज इनमें फँस जाते थे तो अपना बोझ हल्का करने के लिए घोड़ों को समुद्र में फेंक देते थे। इसी कारण इन अक्षांशों को अश्व अक्षांश (Horse Latitude) कहा जाता है।

पछुआ हवाएँ (Westerlies)

अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब की पेटि से ध्रुववृत्तीय निम्न वायुदाब की पेटि की ओर चलने वाली हवाओं को पछुआ हवाएँ कहा जाता है। उत्तरी तथा दक्षिणी दोनों गोलार्द्धों में ये हवाएँ 35° या 40° अक्षांशों से 60° या 65° अक्षांशों के बीच चला करती हैं। पृथ्वी की दैनिक गति के कारण उत्तरी गोलार्द्ध में इनकी प्रवाह दिशा दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्व की ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर होती है। सन्मार्गी हवाओं की अपेक्षा पछुआ

हवाओं का प्रवाह क्षेत्र बहुत बड़ा है। मौसम के अनुरूप इनका प्रवाह क्षेत्र बदलता रहता है। ये प्रायः शीतोष्ण कटिबन्ध और शीत कटिबन्ध में चला करती हैं।

धरातल पर चलने वाली स्थायी हवाओं में पछुवा हवाएँ सबसे अधिक विचित्र हैं। न तो इनकी प्रवाह-गति एकसी रहती है और न प्रवाह दिशा ही। कभी ये धीमे-धीमे और कभी तीव्र वेग से चलती हैं। कभी-कभी विशेषकर जाड़े की ऋतु में प्रचण्ड तूफान की गति से चलती हैं और कभी-कभी मन्द पवन के रूप में बहती हैं। बहुत कम अवसरों पर शान्त मौसम देखा जाता है। मौसम की परिवर्तनशीलता इनकी विशेषता है।

यद्यपि पछुवा हवाओं की पेट्टी में प्रायः चलने वाली द्रुतगामी हवाएँ पश्चिमी दिशा से ही चलती हैं, फिर भी इनमें हवाएँ सभी ओर से आती हैं जैसा कि नीचे की तालिका से स्पष्ट होता है :

केण्ड्र्यू के अनुसार सिसली द्वीप में वायु प्रवाह की वार्षिक औसत दिशाएँ¹

उत्तरी	11	दक्षिणी	12
उत्तरी-पूर्वी	9	दक्षिणी-पूर्वी	14
पूर्वी	12	पश्चिमी	17
दक्षिणी-पूर्वी	19	उत्तरी-पश्चिमी	15

इन हवाओं के प्रदेश में चक्रवात और प्रति-चक्रवात चलते रहने के कारण बड़ी अनियमित अवस्था उत्पन्न हो जाती है, जिससे हवाओं की प्रवाह दिशा और गति में बड़ा अन्तर पड़ जाता है। चक्रवात अपनी स्थानीय हवाओं की व्यवस्था से पछुवा हवाओं के प्रवाह को विच्छिन्न कर देते हैं। इस प्रकार उत्तरी गोलार्द्ध में विशाल स्थल-खण्डों के कारण हवाओं की व्यवस्था बड़ी जटिल हो जाती है। उत्तरी गोलार्द्ध की अपेक्षा दक्षिणी गोलार्द्ध में हवाओं का प्रवाह अधिक स्थायी और निश्चित होता है। दक्षिणी गोलार्द्ध के 40° और 60° अक्षांशों के बीच स्थल-खण्डों के प्रवाह से पछुवा हवाओं के प्रवाह मार्ग में कोई रुकावट पैदा नहीं होती। इन अक्षांशों के बीच स्थल-खण्डों के प्रवाह से पछुवा हवाओं के प्रवाह मार्ग में कोई रुकावट पैदा नहीं होती। इन अक्षांशों के बीच फैले विशाल समुद्रों पर हवाएँ ग्रीष्म और जाड़े की ऋतु में समान रूप से प्रचण्ड गति से चलती रहती हैं। प्रचण्ड वेग के कारण ही इन हवाओं को 40° से 50° अक्षांशों के बीच गरजने वाली चालीसा (roaring forties) या वीर पछुवा पवनें (brave west winds), 50° के पास भयंकर पचासा (furious fifties) तथा 60° के पास चिखती साठा (shrieking sixties) आदि नामों से पुकारा जाता है।

सन्मार्गी हवाओं की अपेक्षा पछुवा हवाओं में जहाजों को खेना बड़ा जटिल तथा कठिन होता है, क्योंकि ये हवाएँ बड़ी तूफानी और परिवर्तनशील होती हैं। पछुवा हवाएँ चूँकि गरम अक्षांशों से ठण्डे अक्षांशों की ओर चलती हैं। अतः मार्ग में अपने साथ काफी नमी ले लेती हैं और ठण्ड पाकर वर्षा कर देती हैं। उष्ण कटिबन्ध के बाहर महाद्वीपों के पश्चिमी तटों पर (पश्चिमी यूरोप, पश्चिमी कनाडा, दक्षिणी-पश्चिमी चिली आदि), जहाँ ये हवाएँ पहुँचती हैं, साल भर वर्षा होती है और पूर्वी तट बिलकुल शुष्क रहते हैं।

ध्रुवीय हवाएँ (Polar Winds)

ध्रुवीय उच्च वायुदाब से ध्रुववृत्तीय न्यून वायुदाब की ओर चलने वाली हवाओं को ध्रुवीय हवाएँ कहते हैं। ये ध्रुवों से 70° या 80° अक्षांशों तक चला करती हैं। यद्यपि ये प्रायः निश्चित

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 151

अक्षांशों में ही चलती हैं, परन्तु इनका प्रवाह सूर्य की प्रत्यक्ष गति से बराबर सम्बन्ध बनाये रखता है। जब सूर्य उत्तरी गोलार्द्ध में चमकता है तो इनका क्षेत्र कुछ उत्तर की ओर खिसक जाता है और जब सूर्य दक्षिणी गोलार्द्ध में चमकता है तो इनका क्षेत्र भी दक्षिण की ओर खिसक जाता है।

ध्रुवों से आने वाली हवाएँ बहुत ठण्डी होती हैं और बड़े वेग से चलती हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में चलने वाली नॉर-ईस्टर (Nar Easter) नामक हवाएँ बड़ी प्रचण्ड गति से चलती हैं। ध्रुवों के भीतरी प्रदेश जहाँ उच्च दाब के कारण हवाएँ आकर जमा हो जाती हैं, तूफानों से प्रायः रहित होती हैं। वहाँ हवाएँ भी बड़ी मन्द-गति से बहती हैं। जहाँ इन ठण्डी ध्रुवीय हवाओं का सम्पर्क शीतोष्ण कटिबन्ध की हवाओं से होता है, वहाँ भयंकर चक्रवात और प्रति-चक्रवात उत्पन्न हो जाते हैं।

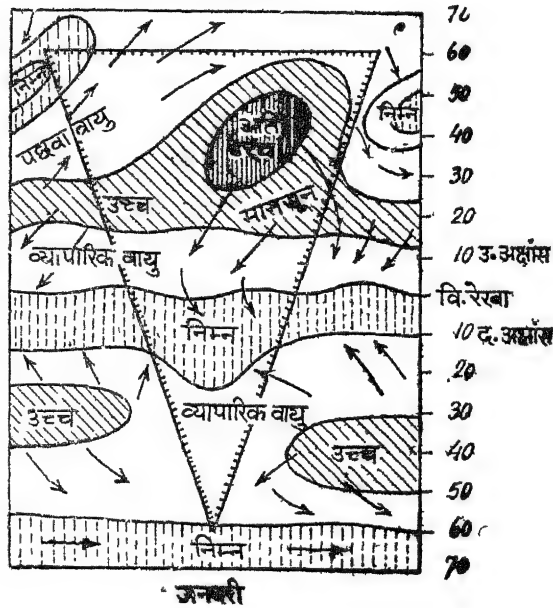
उत्तरी गोलार्द्ध में ध्रुव के समीप स्थल-खण्डों की निकटता के कारण ध्रुवीय प्रदेश में चलने वाली स्थायी हवाओं की व्यवस्था दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा अधिक जटिल और बड़ी होती है। उत्तरी गोलार्द्ध में ग्रीनलैण्ड का उच्च वायुदाब ही दक्षिणी गोलार्द्ध में दक्षिणी ध्रुववृत्तीय उच्च वायुदाब की भाँति हवाओं के चलने का केन्द्र है। इस केन्द्र से तथा जाड़े की ऋतु में यूरेशिया और उत्तरी अमरीका के महाद्वीपीय बाह्य चक्रवातों से चलने वाली हवाएँ कई दिशाओं से चलती हैं। उत्तरी ध्रुव प्रदेश में हवाओं की ऐसी कोई नियमित व्यवस्था नहीं है जो कि वर्ष भर उत्तरी ध्रुव से ध्रुव वृत्तों की ओर एक ही दिशा में चला करती हो।

हवा की पेटियों का खिसकना (Latitudinal Shifting of Wind Belts)

पृथ्वी का अपनी कक्ष (orbit) पर झुकी हुई होने तथा अण्डाकार मार्ग पर सूर्य की परिक्रमा करने के फलस्वरूप धरातल पर सूर्य की किरणें कभी एकसी नहीं चमकतीं। सूर्य कभी कर्क रेखा और कभी मकर रेखा पर सीधा चमकता है। सूर्य के इस प्रकार कभी उत्तरायण और कभी दक्षिणायन होने के कारण वायुदाब तथा

शीत कटिबन्ध

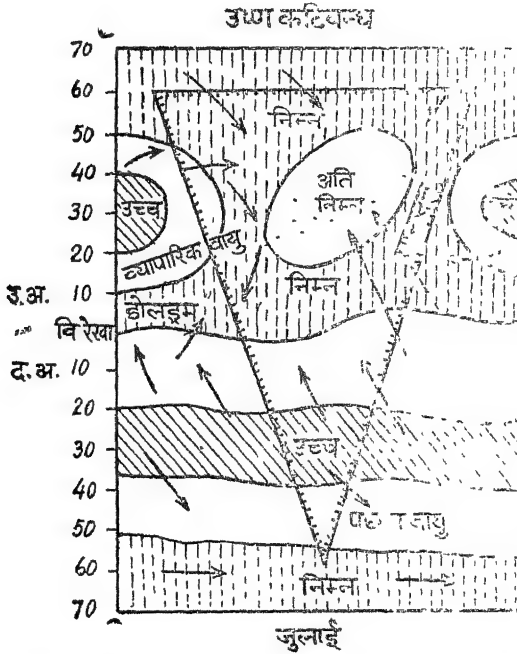
हवाओं की पेटियाँ भी कुछ उत्तर और दक्षिण को खिसकती रहती हैं। हवा की पेटियों के खिसकने की क्रिया इतनी साधारण नहीं है जितनी कि यह दिखाई पड़ती है। पृथ्वी के विभिन्न भागों में इनके खिसकने की मात्रा और गति में बड़ा अन्तर पाया जाता है। साधारणतः सूर्य और इन पेटियों के खिसकने के बीच एक या दो महीनों का अन्तर रहता है। समुद्रों के ऊपर तथा तटों के समीप जहाँ पेटियों का स्थान परिवर्तन बड़ा शीघ्र मालूम पड़ता है, पेटियाँ बहुत कम खिसकती हैं। प्रायः 10° से 15° अक्षांशों के ऊपर पेटियों के खिसकने की क्रिया बहुत ही कम होती है। इसके विपरीत, महाद्वीपों के ऊपर पेटियों के खिसकने की क्रिया अधिक होती है और समुद्रों की अपेक्षा समय का अन्तर भी बहुत कम रहता है। इसके



चित्र 109

अतिरिक्त महाद्वीपों पर स्थल रचना की अनेक विभिन्नताओं तथा वार्षिक तापमान के अन्तर के कारण स्थायी हवाओं की व्यवस्था बड़ी उलट-पुलट हो जाती है जिससे हवा की पेटियों का खिसकना बहुत अधिक मालुम नहीं देता।

हवा की पेटियों के सूर्य के साथ ऊपर-नीचे खिसकने का जलवायु की दृष्टि से बहुत बड़ा महत्व है। विशेष तौर पर उन भागों में जो भिन्न हवाओं और असमान तापमान वाली वायु-



राशियों के बीच स्थित होते हैं। उदाहरणतः सन्मार्गी हवाओं और विषुवतरेखीय प्रणान्तमण्डल के बीच के भाग। ऐसे भागों में भिन्न ऋतुओं में विपरीत वायु-राशियों का प्रभाव रहता है जिससे वहाँ होने वाला मौसम भी भिन्न-भिन्न होता है। प्रत्येक गोलार्द्ध में सामान्यतः ऐसे तीन प्रदेश मिलते हैं।

(1) भूमध्य रेखा के दोनों ओर 5° अक्षांश से 15° अक्षांश के बीच का प्रदेश ऐसा ही है जो एक ओर भूमध्यरेखीय आर्द्र वायु और दूसरी ओर शुष्क सन्मार्गी हवाओं के बीच स्थित है। अतः ग्रीष्म में यहाँ विषुवतरेखीय प्रणान्तमण्डल से आर्द्र हवाएँ चपती हैं और जाड़े में शुष्क सन्मार्गी हवाएँ। इस प्रकार यहाँ एक

चित्र 110—वायुदाब की पेटियों और हवाओं का सम्बन्ध आर्द्र और एक शुष्क मौसम होता है।

(2) 30° और 40° अक्षांशों के बीच के भाग पछुवा हवाओं और अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब के प्रदेश के बीच स्थित है। जब ग्रीष्म में सूर्य की किरणों का प्रभाव ध्रुव तक होने लगता है तो शुष्क अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब केन्द्र इन प्रदेशों के ऊपर फैल जाते हैं। इसके विपरीत जाड़ों में जबकि सूर्य दूसरे गोलार्द्ध में सीधा चमकता है तो यहाँ पछुवा हवाओं का प्रभाव रहता है। इस व्यवस्था के कारण यहाँ ग्रीष्म ऋतु शुष्क और जाड़ों की ऋतु तर होती है। पूर्वी भागों तथा महाद्वीपों के बीच के भागों में मानसून हवाएँ अवश्य इस व्यवस्था को भंग कर देती हैं। अतः इस पेटि के खिसकने का पूरा प्रभाव केवल समुद्रों तथा पश्चिमी तटों पर ही दिखाई पड़ता है।

(3) लगभग 60° और 70° अक्षांशों के बीच वाले प्रदेश तूफानी पछुवा हवाओं और ध्रुवीय हवाओं के बीच स्थित है। अतः इस प्रदेश में दोनों ही प्रकार की हवाओं का प्रभाव देखा जाता है। इस भाग में चक्रवात अधिक आते हैं। इस कारण यहाँ हवा की पेटि के खिसकने का प्रभाव कुछ प्रतीत नहीं होता। इन उच्च अक्षांशों में जाड़ों में ठण्डी ध्रुवीय हवाओं का जोर रहता है, किन्तु ग्रीष्म में उष्ण दक्षिणी-पश्चिमी हवाओं का प्रभाव रहता है।

सामयिक हवाएँ (Periodical Winds)

धरातल पर कुछ ऐसी हवाएँ चलती हैं जो सदैव एक ही दिशा में नहीं चलती। समय के अनुसार इनकी दिशा बदलती रहती है। अतः ये सामयिक हवाएँ (periodical winds) कहलाती हैं। इन पवनों के अन्तर्गत मानसून पवनें आती हैं।

मानसून हवाएँ (Monsoon Winds)

मानसून धरातल पर चलने वाली वे हवाएँ हैं जो गर्मी और सर्दी के बीच अपनी प्रवाह दिशा बदल देती हैं। डॉ० सिम्पसन के अनुसार, "Monsoon is a flow of air, directly associated with the northward or southward swing of great air streams the trades and westerlies" अतः ऐसी हवाएँ जो मौसम के अनुसार अपनी प्रवाह दिशा बदल देती हैं मानसून हवाएँ कहलाती हैं।

'मानसून' शब्द मूल रूप से अरबी भाषा के 'मौसिम' शब्द से बना है जिसका तात्पर्य 'मौसम' से होता है। इस शब्द का प्रयोग सर्वप्रथम अरब सागर पर चलने वाली हवाओं के लिए किया गया था, जो कि 6 महीने उत्तर-पूर्व दिशा से और 6 महीने दक्षिण-पश्चिम दिशा से चला करती थी। इसी आधार पर समार के उन सभी भागों की हवा को जिनकी दिशा में ऋतुवत परिवर्तन हो जाता है 'मानसून' कहा गया। किन्तु समार में कतिपय ऐसे क्षेत्र भी हैं जहाँ हवाओं की दिशा में ऋतुवत परिवर्तन हो जाता है, फिर भी उन्हें 'मानसून' नहीं कहा जाता। उदाहरणतः 60° से 70° अक्षांश वाले भाग से जाड़ों में उत्तरी-पूर्वी ध्रुवीय हवा (उ० गो०) तथा गर्मी में दक्षिणी-पश्चिमी हवा चलती है। इसी प्रकार भूमध्य सागरीय भाग में जाड़ों में दक्षिणी-पश्चिमी पछुआ हवा (उ० गो०) चलती है तथा गर्मी में उत्तरी-पूर्वी व्यापारिक हवा चलती है। स्पष्ट है कि दिशा परिवर्तन ही मानसून हवाओं की एकमात्र विशेषता नहीं है। वस्तुतः मानसून हवाएँ धरातल का सवहतीय त्रम है जिसका आविर्भाव स्थल और जल के भिन्न स्वभाव एवं तापीय विभिन्नता के कारण होता है। वे भाग जहाँ पर मानसून हवाओं का आधिपत्य पाया जाता है 'मानसूनी जलवायु' प्रदेश कहे जाते हैं। समार में मानसूनी जलवायु का सर्वाधिक विकास दक्षिणी-पूर्वी एशिया, चीन एवं जापान में हुआ है। इसके अतिरिक्त ये हवाएँ कुछ संशोधित रूप में दक्षिणी-पूर्वी मध्य अमेरिका, अयनवृत्तीय पूर्वी अफ्रीका, गायना की खाड़ी का समीपवर्ती भाग, अयनवृत्तीय उत्तरी आस्ट्रेलिया में भी चला करती हैं।

उत्पत्ति सम्बन्धी विचारधाराएँ

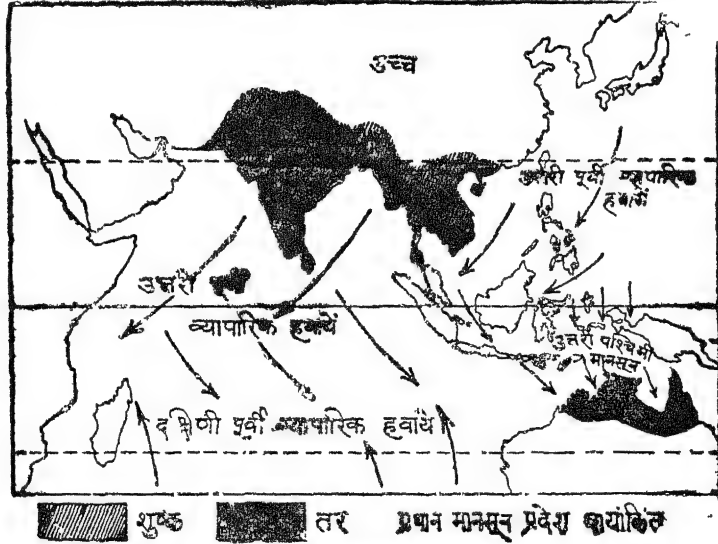
मानसून हवाओं की उत्पत्ति केवलमात्र तापमान की विभिन्नता के कारण होती है या किसी अन्य कारण से, इस पर पर्याप्त मतभेद है। वैज्ञानिकों ने मानसून की उत्पत्ति के सम्बन्ध में निम्न दो प्रकार की सकल्पनाएँ प्रस्तुत की हैं—(1) तापीय सकल्पना एवं (2) नवीन सकल्पना।

(1) **तापीय सकल्पना (Thermal Concept)**—इस विचारधारा के अनुसार मानसून हवाओं की उत्पत्ति का एकमात्र कारण धरातल पर जल एवं स्थल का विन्यास और उनके गर्म तथा ठण्डा होने का विरोधी स्वभाव है। यदि पृथ्वी पर सर्वत्र जल ही जल अथवा स्थल ही स्थल होता तो मानसून हवाओं का आविर्भाव कदापि सम्भव नहीं होता। वास्तव में देखा जाय तो मानसून हवाएँ स्थल और जल समीर का ही विस्तृत रूप होती हैं। गर्मियों में तापमान की अधिकता के कारण स्थलीय भाग तनुओं की अपेक्षा अधिक गर्म हो जाने के कारण न्यून वायुदाब के क्षेत्र हो जाते हैं तथा समुद्रों से हवाएँ स्थल की ओर चलने लगती हैं। इन्हें 'ग्रीष्मकालीन मानसून' कहते हैं। इसके विपरीत जाड़ों में स्थल भाग उच्च वायुदाब के एवं समुद्री भाग न्यून वायुदाब के केन्द्र बन जाते हैं जिससे हवाएँ स्थल से समुद्रों की ओर चलने लगती हैं। इन्हें 'शीत-कालीन मानसून' कहा जाता है।

जाड़े का मानसून—जाड़े की ऋतु में एशिया महाद्वीप का मध्य भाग अपने आसपास के समुद्रों से बहुत अधिक ठण्डा हो जाता है, जिससे वहाँ वायुदाब बढ़ जाता है। महाद्वीप के पूर्व और दक्षिण में फैले विशाल प्रशान्त महासागर और हिन्द महासागर अपेक्षाकृत बहुत गरम रहते

है, इससे यहाँ वायुदाब कम रहता है। वायुदाब की ऐसी व्यवस्था के कारण इस ऋतु में हवाएँ महाद्वीप से महासागर की ओर चलने लगती हैं। स्थल से चलने वाली इन्हीं पवनो को जाड़े का मानसून कहते हैं।

एशिया से चलने वाले जाड़े के मानसून विषुवत रेखा के दक्षिण में हिन्द महासागर और आस्ट्रेलिया के भीतर स्थित निम्न वायुदाब की ओर चलते हैं। इस प्रकार धरातल की हवा और वाष्प का बहुत बड़ी राशि में उत्तरी गोलार्द्ध से दक्षिणी गोलार्द्ध को स्थानान्तरण होता है। जाड़े में चलने वाली मानसून हवाएँ पूर्वी और दक्षिणी एशिया के विभिन्न भागों में सदा एक ही दिशा से नहीं चलती। इन हवाओं की दिशा उत्तरी चीन और जापान में पश्चिमी और उत्तरी-पश्चिमी, मध्य चीन में उत्तरी और दक्षिणी एशिया में उत्तरी-पूर्वी होती है। ये हवाएँ स्थल से समुद्र की



चित्र 111—शीतकालीन मानसून

ओर चलती है, इसलिए शुष्क और ठण्डी होती है। मानसून प्रदेशों में इस कारण जाड़े की ऋतु बिलकुल शुष्क होती है।

मध्य अक्षांशों में चक्रवाती तूफान जाड़े के मानसून में कई बाधाएँ खड़ी कर देते हैं। इन तूफानों के कारण जाड़े में कुछ वर्षा हो जाती है। इन चक्रवातों का हवा की दिशा और गति पर जो प्रभाव पड़ता है, वह नीचे की तालिका से ज्ञात होगा :

उत्तरी चीन में हवाओं के चलने का प्रतिशत¹

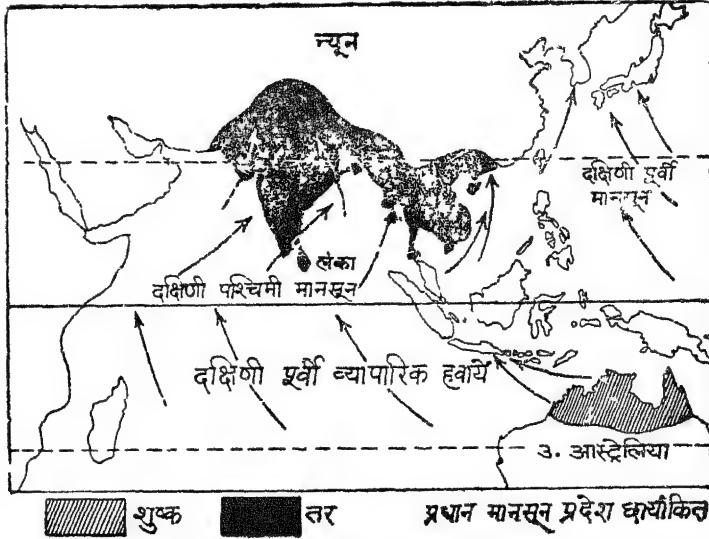
	उ०	उ०-पू०	पू०	द०-पू०	द०	द०-प०	प०	उ०-प०
सर्दी	17	8	5	6	6	8	8	32
गर्मी	10	9	12	26	16	10	7	10

यद्यपि जाड़े की ऋतु में स्थलीय हवाओं का सर्वाधिक प्रभाव होता है किन्तु कुछ हवाएँ विपरीत दिशाओं से भी आती हैं। गर्मी में इसीलिए समुद्री हवाओं की प्रबलता होते हुए भी स्थलीय हवाओं का बिलकुल अभाव नहीं होता। कोनार्ड के अनुसार पूर्वी एशिया में जाड़े के मानसून की औसत मासिक गति 7 से 9 मील प्रति घण्टा के लगभग पायी जाती है परन्तु कभी-

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 97

कभी इनकी गति तूफान के समान 40 से 45 मील प्रति घण्टा हो जाया करती है। समीपीय समुद्रों में इनकी गति 65 से 75 मील प्रति घण्टा भी देखी जाती है।

गर्मी का मानसून—ग्रीष्मकाल में जब सूर्य कर्क रेखा पर प्रचण्ड रूप से चमकता है तो समस्त एशिया महाद्वीप गरम हो उठता है। एशिया भू-खण्ड के इस प्रकार उत्तप्त हो उठने से यहाँ वायुदाब घट जाता है। किन्तु महाद्वीप के आसपास महासागर अपेक्षाकृत शीतल रहते हैं, जिससे वहाँ वायुदाब भी अधिक रहता है। इस प्रकार गर्मी की ऋतु में वायुदाब का ढाल जाड़े की ऋतु के विपरीत समुद्रों से स्थल की ओर रहता है। ऐसी दशा में हवाएँ भी समुद्र से स्थल की ओर चलती हैं। वायुदाब के अनुसार समुद्रों से स्थल की ओर चलने वाली इन हवाओं को ही ग्रीष्म का मानसून कहा जाता है। अधिकांशतः मानसून हवाओं का विकास सन्मार्गी हवाओं की पेट्टी में होता है। गर्मी में चलने वाली मानसून हवाएँ चूँकि विषुवत रेखा के दक्षिण से बड़े-बड़े महासागरों की दूरी को पार करके आती हैं, अतः ये हवाएँ भाप से लदी रहती हैं और भारी वर्षा करती हैं। ग्रीष्म का मौसम इस प्रकार मानसून प्रदेशों में तर मौसम होता है। ग्रीष्म की मानसून हवाओं की प्रवाह दिशा सदा एकसी नहीं होती परन्तु प्रायः ये समुद्र की ओर से चला करती हैं। समुद्रों पर इनकी प्रवाह दिशा दक्षिणी-पश्चिमी होती है। इस कारण इन्हे दक्षिणी-पश्चिमी मानसून हवाएँ



चित्र 112—ग्रीष्मकालीन मानसून

भी कहा जाता है। जब ये हवाएँ स्थल के भीतरी भागों में प्रवेश करती हैं तो इनकी प्रवाह दिशा बदल जाती है। चीन में इनकी प्रवाह दिशा दक्षिणी-पूर्वी होती है। यदाकदा चक्रवाती तूफान इनके मार्ग को भ्रष्ट कर देते हैं। मानसून हवाओं के प्रदेश में मानसून के प्रभाव के कारण धरातल से सन्मार्गी और पछुवा हवाओं की व्यवस्था समाप्त हो जाती है। मध्य अक्षांशों में अधिकतर भागों में मानसून हवाओं की व्यवस्था के कारण उष्ण और आर्द्र ग्रीष्म ऋतु और अपेक्षाकृत शीतल और शुष्क जाड़े की ऋतु वहाँ की विशेषता बन गयी है।

एशिया भू-खण्ड की विशालता के कारण मानसून हवाओं का पूर्वी और दक्षिणी एशिया में भली प्रकार विकास होता है। इस प्रकार की मानसून हवाएँ पृथ्वी के अन्य भागों में नहीं चला करती। अन्य स्थानों पर मानसून हवाओं का कुछ परिवर्तित रूप अवश्य देखा जा सकता है। जैसे दक्षिणी-पूर्वी संयुक्त राज्य अमेरिका, उत्तरी आस्ट्रेलिया, स्पेन और दक्षिणी अफ्रीका आदि सब

प्रदेशों में मानसूनी प्रवृत्तियाँ पायी जाती हैं। इन भू-भागों में एशिया की भाँति हवाओं की दिशा में पूर्ण परिवर्तन नहीं हो पाता परन्तु ये कुछ न कुछ रूप में मानसूनी प्रवृत्तियाँ उपस्थित कर देते हैं जिसका मौसमी वर्षा की दृष्टि से बड़ा भारी महत्त्व है।

मानसून हवाओं का सर्वाधिक प्रभाव प्रायः महाद्वीपों के पूर्वी किनारों पर ही होता है। मध्य अक्षांशों के लिए यह बात और भी सही है, क्योंकि इन अक्षांशों में तापमान में विशेष अन्तर है।

(2) नवीन संकल्पना (New Concept)—मानसून की उत्पत्ति के सम्बन्ध में उपरोक्त प्राचीन संकल्पना में मानसून हवाओं के क्रम को बहुत ही साधारण रूप में प्रस्तुत किया गया है। किन्तु वास्तव में मानसून हवाओं के क्रम इससे कहीं अधिक जटिल है। अतः वर्तमान में मानसून की तापीय उत्पत्ति को अस्वीकृत किया जा रहा है। तापीय संकल्पना के विरुद्ध निम्न तथ्य प्रस्तुत किये गये हैं : (i) ग्रीष्मकाल में महाद्वीपों पर विकसित निम्न दाब के केन्द्र तापजन्य नहीं होते। यदि इन निम्न दाब केन्द्रों का सम्बन्ध वास्तव में उच्च तापमान से होता तो, कम से कम कुछ समय तक इन दाब केन्द्रों को अपने स्थानों पर स्थायी बने रहना चाहिए, किन्तु दैनिक ऋतु मानचित्रों को देखने से स्पष्ट होता है कि ये कभी भी स्थायी नहीं होते। इनमें आकस्मिक और व्यापक स्थानान्तरण होता रहता है। स्पष्ट ही इन निम्न दाब केन्द्रों का सम्बन्ध उच्च तापमान से न होकर दक्षिणी-पश्चिमी मानसून के साथ आने वाले चक्रवातों से प्रतीत होता है। अतः ये ग्रीष्म-कालीन निम्नदाब केन्द्र तापजन्य न होकर चक्रवातीय होते हैं। (ii) यदि मानसून हवाएँ तापजन्य होती तो वायुमण्डल के ऊपरी भाग में उनके विपरीत हवाओं का क्रम होना चाहिए, जैसा कि व्यापारिक हवाओं वाले भाग में ऊपर प्रति व्यापारिक हवाएँ चला करती हैं। (iii) इन हवाओं की वर्षा की क्षमता के प्रति भी सन्देह प्रकट किया गया है। यद्यपि ये हवाएँ हिन्द महासागर एवं प्रशान्त महासागर के ऊपर से आने के कारण आर्द्रता से परिपूर्ण होती हैं किन्तु वर्षा मुख्यतः इन हवाओं से सम्बन्धित वायुमण्डलीय तूफानों (चक्रवात व संवहनीय धारा क्रम आदि) से होता है।

उपरोक्त आपत्तियों के आधार पर प्लान महोदय ने मानसून की तापीय उत्पत्ति के स्थान पर गतिक उत्पत्ति (dynamic origin) की नवीन संकल्पना को प्रस्तुत किया है। उसके अनुसार मानसून हवाओं की उत्पत्ति केवल वायुदाब तथा हवाओं की पेटियों के स्थानान्तरण के कारण होती है। भूमध्य रेखा के पास व्यापारिक हवाओं के मिलने से अन्तर उष्ण कटिबन्धीय समवाय (Inter Tropical Convergence—ITC) का आविर्भाव होता है। इसकी उत्तरी सीमा को NITC एवं दक्षिणी सीमा को SITE कहते हैं। इस अन्तर उष्ण कटिबन्धीय समवाय ITC के मध्य डोलड्रम की मेखला आती है, जिसमें विषुवतरेखीय पछुवा हवाएँ चलती हैं। ग्रीष्मकाल में सूर्य के उत्तरायण होने पर NITC खिसककर 30° अक्षांश तक फैल जाती है और दक्षिणी-पूर्वी एशिया इसके अन्तर्गत आ जाता है। अतः इन क्षेत्रों में डोलड्रम की विषुवत रेखीय पछुवा हवाएँ स्थापित हो जाती हैं जो कि ग्रीष्मकालीन दक्षिणी-पश्चिमी मानसून हवाएँ होती हैं। इस NITC के साथ चक्रवात आदि का आविर्भाव हो जाता है जो कि दक्षिणी-पश्चिमी मानसून की विशेषता है।

ग्रीष्मकालीन मानसून की भाँति शीतकालीन मानसून की उत्पत्ति भी दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थित निम्न दाब के कारण नहीं होती। किन्तु सूर्य के दक्षिणायन होने से वायुदाब की पेटियाँ दक्षिण को खिसक आती हैं। इसी के परिणामस्वरूप दक्षिणी-पूर्वी एशिया से NITC हट जाती है जिससे उत्तरी-पूर्वी व्यापारिक हवाओं की पुनर्व्यवस्था हो जाती है। इन्हीं को जाड़े का मानसून कहा जाता है।

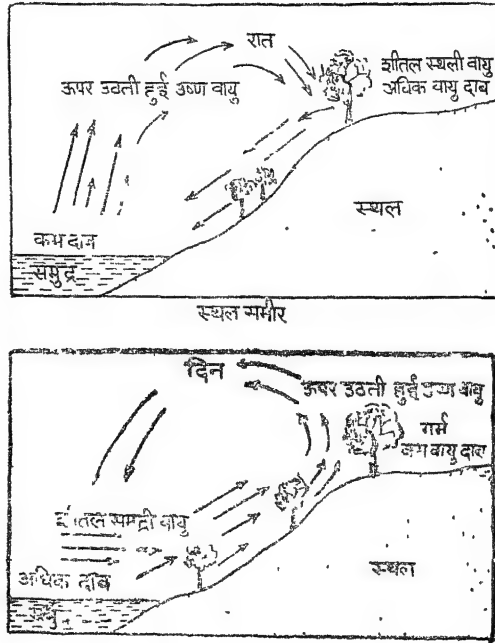
दक्षिणी तथा पूर्वी एशिया की मानसून में अन्तर

महाद्वीप एशिया की विशालता के कारण इसके विभिन्न भागों में चलने वाली मानसून

हवाओं में काफी अन्तर आ जाता है। (i) दक्षिण एशिया की मानसून उष्ण कटिबन्धीय प्रदेश में जबकि पूर्वी एशिया की मानसून (चीन तथा जापान) मध्य अक्षांशों में पायी जाती है। इन दोनों मानसून क्षेत्रों का विभाजन हिमालय पर्वत के कारण होता है। (ii) पूर्वी एशिया में जाड़े की मानसून हवाएँ ध्रुवीय प्रदेशों से आने के कारण अत्यन्त ठण्डी होती है और प्रभावित भागों में हिमपात भी करती है किन्तु दक्षिण एशिया में ऐसा नहीं होता। हिमालय के कारण यहाँ ध्रुवीय हवाएँ नहीं पहुँच पाती। (iii) पूर्वी एशिया में जाड़े की मानसून अधिक शक्तिशाली और स्थायी होती है। इसके विपरीत दक्षिण एशिया में ग्रीष्मकालीन मानसून अधिक शक्तिशाली और स्थायी होते हैं। (iv) पूर्वी एशिया में जाड़े की मानसून अत्यधिक प्रचण्ड और तीव्र गति से चलती है जबकि दक्षिणी एशिया में ये हवाएँ प्रायः निर्बल और शान्त होती हैं। इसके विपरीत ग्रीष्मकालीन मानसून प्रचण्ड होते हैं।

स्थलीय एवं समुद्री समीर (Land and Sea Breeze)

धरातल पर अनेक जगह छोटे रूप में वायुदाब की भिन्नता और उनसे उत्पादित हवाएँ देखी जाती हैं। तापमान की विभिन्नता के फलस्वरूप ही ऐसा होता है। ऐसे रूप समुद्री किनारों के समीप होने वाली जल और स्थल समीर की क्रिया (mechanism) में अच्छी तरह देखे जा सकते हैं। जिस प्रकार मौसम के अनुरूप जल और स्थल के तापमान की भिन्नता से मानसून हवाएँ बदलती हैं उसी प्रकार तापमान के दैनिक परिवर्तन से हवाओं का दैनिक परिवर्तन देखा जाता है। इनको हम जलीय और स्थलीय समीर अथवा दैनिक मानसून कहते हैं। समुद्रतटों के समीप रात्रि को प्रायः भारी ठण्डी हवा स्थल से समुद्र की ओर और दिन को समुद्र से स्थल की ओर विपरीत दिशा में चला करती है। इन हवाओं का प्रभाव समुद्रतट से 24-32 किमी के भीतर ही देखा जाता है। दूरी के साथ इनका प्रभाव क्षीण होता जाता है। ये हवाएँ वायुमण्डल में बहुत ऊँचाई तक नहीं मिलती। ये धरातल से कुछ ऊँचाई तक ही सीमित रहती हैं। अधिक से अधिक इनकी ऊँचाई 200 फुट तक हो सकती है।¹ इससे ये हवाएँ वर्षा विहीन होती हैं। जल और स्थल समीर सीधी मकर रेखा के आरपार अथवा लम्ब रूप में चलती है। इसका कारण यह है कि इसका प्रभाव क्षेत्र इतना सीमित होता है कि फैल के नियम का इनके ऊपर कोई प्रभाव नहीं होता। अस्तु पृथ्वी के घूमने से इनकी भौतिक दिशा में कोई परिवर्तन नहीं होता।



चित्र 113—स्थलीय एवं समुद्री समीर

¹ D. Brunt : *Physical Meteorology*, p. 381.

समुद्री हवाओं का सूर्य से घनिष्ठ सम्बन्ध है। ये हवाएँ तभी तक चलती हैं जब तक सूर्य चमकता है। सूर्य अस्त होने के बाद इन हवाओं का प्रवाह भी रुक जाता है। ये हवाएँ प्रायः सुबह 11-12 बजे से प्रारम्भ होती हैं और सूर्यास्त तक चलती रहती हैं। उष्ण कटिबन्ध के समुद्रतटों पर समुद्री हवाएँ जलवायु की दृष्टि से अत्यन्त ही महत्त्वपूर्ण हैं। क्योंकि ये हवाएँ उन स्थानों को अधिक रहने योग्य और स्वास्थ्यप्रद बना देती हैं।¹ समुद्री हवाओं के साथ ही कभी-कभी आघ-पाव घण्टे के भीतर तापमान 15° से 20° फारेनहाइट नीचे उतर जाता है। दिन का सबसे अधिक असुविधाजनक समय प्रायः दोपहर के पहले का होता है जबकि समुद्री हवाएँ आरम्भ नहीं होती हैं। जिन समुद्रतटों पर समुद्री हवाओं का अनुकूल प्रभाव होता है, वहाँ पर कुछ परिवर्तित समुद्री जलवायु मिलती है। वहाँ तापमान की अधिकता भी कम हो जाती है।

समुद्री हवाओं का प्रभाव उन स्थानों पर सर्वाधिक होता है जहाँ स्थल भाग दिन में बहुत अधिक गरम हो उठता है। निम्न अक्षांशों में ऐसी अवस्थाएँ अधिक पायी जाती हैं। यहाँ किसी भी महीने में शायद ही कोई दिन ऐसा निकलता हो जबकि समुद्री हवाएँ न चलती हों। प्रायः शुष्क मौसम में एक भी दिन ऐसा नहीं होता। बड़ी-बड़ी झीलों और समुद्र के किनारे ये नियमित रूप से चला करती हैं। ऊँचे अक्षांशों में ये इतनी अनियमित और प्रायः इतनी मन्द होती हैं कि इनके चलने का किसी को अनुभव ही नहीं होता है।

समुद्री हवाएँ अपने साथ में शीतल समुद्री वायु लाती हैं जो उष्ण प्रदेशों में बड़ी स्वागत योग्य होती है। ये अपने साथ कभी-कभी बड़ी मात्रा में नमी भी ले आती हैं जिससे दोपहर के बाद बादल छा जाते हैं और भारी वर्षा होती है। इसके विपरीत, जहाँ स्थलीय हवाओं का समुद्री हवाओं से सम्पर्क होता है वहाँ घने बादल और घनघोर वर्षा होती है। इसीलिए कुछ उष्ण समुद्रतटों पर कुछ महीनों में प्रातःकाल सबसे अधिक वर्षायुक्त और दोपहर एकदम उष्ण और चमकीला समय होता है।²

स्थलीय और समुद्री समीर का अध्ययन सैद्धान्तिक (theoretical) और व्यावहारिक दोनों ही दृष्टियों से बड़ा महत्त्वपूर्ण है। उष्ण कटिबन्धीय समुद्रतटों पर समुद्र से आने वाली शीतल और ताजी हवा तापमान को एकदम ऊँचा उठने नहीं देती है। यूरोप के निवासी अपने मकानों के लिए सदा ऐसा स्थान देखते हैं जहाँ समुद्री हवा बिना किसी रुकावट के आ सके और इसलिए खिड़कियाँ सदा खुली रखते हैं। समुद्रतटों पर बसे शहरों में ऐसी सड़कें जिनसे समुद्री हवाएँ बहती हैं, सुरक्षित गतियों की अपेक्षा ज्यादा पसन्द की जाती हैं। कुछ किनारों पर दोपहर के समय इतनी जोर से हवाएँ चलती हैं कि जहाज अपना घाट नहीं छोड़ पाते और नावे चलना असम्भव हो जाता है।

पर्वतीय और घाटी समीर

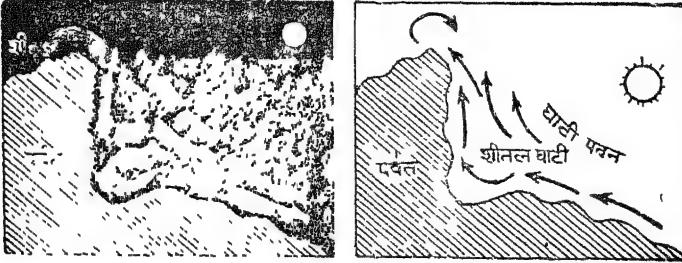
(Mountain and Valley Breeze)

स्थलीय और समुद्री समीर की भाँति पर्वत और घाटी की भी स्थानीय हवाएँ हैं। दिन के समय घाटी की वायु गरम होकर फैलती है और फैलकर ऊपर उठती है। ऊपर उठी हुई वायु पर्वतीय ढालों अथवा शिखरों पर छा जाती है। दिन में घाटी से ऊपर चढ़ती हुई वायु ही घाटी समीर (Valley breeze) कहलाती है। घाटी से वायु के ऊपर उठने का प्रमाण उन कपसीले बादलों से मिलता है जो कि गर्मी के दिनों में पर्वत-शिखरों पर एकत्रित हो जाते हैं। वे ऊपर चढ़ती हुई अदृश्य वायु-राशि के दिखाई पड़ने वाले शिखर हैं। पर्वतीय भागों में इसीलिए प्रायः दोपहर के पश्चात वर्षा एक साधारण-सी बात है। रात्रि में घाटी की अपेक्षा पर्वतीय ढाल तीव्र

1 Trewartha : *Introduction to Weather and Climate*, p. 125

2 W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 119

विकिरण के कारण बहुत शीघ्र ठण्डे हो जाते हैं। इस कारण उनसे लगी हुई हवा भी ठण्डी हो जाती है। ठण्डी हो जाने पर हवा अपने दाब में बढ़ जाती है। यही ठण्डी और दाबयुक्त हवा फिर पर्वतीय ढालों से घाटी को खिसकने लगती है। पर्वतीय ढालों से घाटी की ओर चलने वाली इस हवा को पर्वतीय समीर (mountain breeze) कहते हैं। पर्वतों से घाटी की ओर बहने वाली इस हवा को गुरुत्वाकर्षण पवन (gravity wind) या उत्प्रेक्षक पवन (catabatic wind) भी



चित्र 114—पर्वतीय तथा घाटी पवन

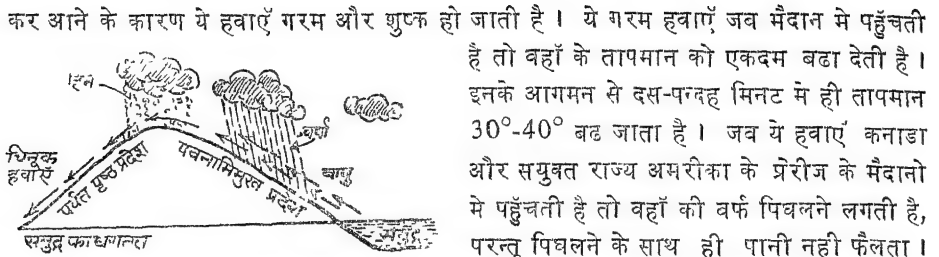
कहते हैं। कभी-कभी ग्रीष्मऋतु में कैम्प (camps) इसलिए घाटियों के मुँह पर लगाये जाते हैं जिससे वहाँ के शीतल प्रभाव और पर्वतीय समीर का आनन्द उठाया जा सके। कभी-कभी घाटियों के निचले भागों में वसन्त एवं पतझड़ के समय अधिक ठण्ड के कारण पाला गिरता है। इसके प्रभाव से बचने के लिए कैलीफोर्निया में फलों के बगीचे तथा ब्राजील में कहूँ के बागान ऊँचे ढालों पर लगाये जाते हैं। कभी-कभी घाटियों में ठण्डी हवा अवरुद्ध हो जाती है। साइबेरिया की घाटियों में प्रायः ऐसी घटना होती है।

स्थानीय पवनें (Local Winds)

कई स्थानों पर कुछ विशेष प्रकार की हवाएँ चलती हुई देखी जाती हैं। ये हवाएँ गरम अथवा ठण्डी दोनों प्रकार की होती हैं। इन हवाओं का सम्बन्ध कभी-कभी स्थायी हवाओं के वायुदाब की व्यवस्था से होता है। परन्तु इन पर प्रायः स्थानीय धरातल की रचना का प्रभाव ही अधिक देखा जाता है। जिन स्थानों पर ये हवाएँ चलती हैं वहाँ के मानव-जीवन और व्यवसाय पर ये बड़ा प्रभाव डालती हैं। इसी कारण स्थानीय हवाएँ बड़ी प्रसिद्ध हो गयी हैं। कुछ प्रमुख स्थानीय हवाएँ इस प्रकार हैं।

(1) चिनुक (Chinook)—उत्तरी अमरीका के राँकी पर्वत-श्रेणियों पर होकर जब कोई आर्द्र वायु या चक्रवात गुजरता है तो पर्वतीय प्रदेश की सारी वायु को अपनी ओर खींच लेता है। परिणामस्वरूप राँकी पर्वत के पश्चिमी ढालों पर वर्षा करके जब यह वायु पूर्वी ढालों पर उतरती है तो गरम और शुष्क हो जाती है। इस तरह की गरम और शुष्क वायु को कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका में 'चिनुक' कहा जाता है। ये हवाएँ यूरोप के आल्प्स प्रदेश में बहने वाली फाहन हवाओं से बहुत कुछ मिलती हैं। परन्तु फाहन की तुलना में चिनुक हवाओं का प्रभाव-क्षेत्र बहुत अधिक विस्तृत होता है।

वास्तव में, चिनुक हवाएँ राँकी पर्वतों के पश्चिमी ढालों पर स्थित घाटियों से उठती हैं और फिर पर्वत-शिखरों को पार कर दूसरी ओर उतरने लगती हैं। बहुत अधिक ऊँचाई से उतर



चित्र 115—चिन्नूक हवाएँ

वाष्प बनकर इन्हीं हवाओं में मिल जाता है। इन हवाओं को इसलिए हिम-हारिणी (Snow eaters) भी कहते हैं।

कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका के प्रेरीज के मैदानों के लिए यह हवाएँ बरदान स्वरूप सिद्ध हुई हैं। क्योंकि इन हवाओं से केवल बर्फ ही नहीं पिघल जाती, अपितु वहाँ का तापमान भी बढ़ जाता है। इस कारण जाड़े में भी वहाँ पशु-चारण हो सकता है और गेहूँ की खेती को बड़ा प्रोत्साहन मिलता है। कनाडा में गेहूँ की फसल को पकाने में ये अत्यधिक सहायता करती हैं। अतः इन चिन्नूक हवाओं का विशेष आर्थिक महत्त्व है।

संयुक्त राज्य अमरीका की कोलोराडो की घाटी से लेकर कनाडा की मेकेन्जी नदी की घाटी तक का समस्त क्षेत्र जाड़ों में बर्फ के नीचे दबा रहता है जिसमें ग तो वहाँ पशु-चारण ही हो सकता है और न कोई अन्य धन्धा ही। परन्तु चिन्नूक हवाओं के वेग से जाड़ा कम हो जाता है और बर्फ पिघल जाती है। इसीलिए यहाँ पशु-चारण बराबर साल भर तक सम्भव हो पाता है। जिस वर्ष चिन्नूक हवाओं का वेग कम होता है उस वर्ष जाड़ा अधिक पड़ता है और पशुओं को भारी क्षति पहुँचती है।

ये हवाएँ बसन्त तथा जाड़े की ऋतु में ही अधिक चला करती हैं।

(2) फाहन (Föhn)—आल्प्स पर्वत की ऊँची श्रेणियों से उतरकर उस पर्वत प्रदेश की उत्तरी घाटियों में प्रवाहित होने वाली गरम और शुष्क वायु को फाहन कहा जाता है। मध्य यूरोप से होकर जब कभी कोई प्रबल चक्रवात गुजरता है, वह वायु की प्रबल धारा को अपनी ओर खींच लेता है। इसलिए आल्प्स पर्वत के दक्षिणी ढालों पर जब कोई वायु-राशि ऊपर उठती है तो फैलकर ठण्डी हो जाती है और वर्षा कर देती है। वर्षा करने के बाद जब यह हवा आल्प्स पर्वत के दूसरी ओर उत्तरी ढालों पर नीचे उतरती है तो दबाव के कारण गरम और शुष्क हो जाती है। इनके कारण आल्प्स प्रदेश की उत्तरी घाटियों में तापमान एकदम 15-20° बढ़ जाता है जिससे वहाँ की बर्फ पिघल जाती है और पौधे व मकान आदि प्रायः सूख जाते हैं। ये हवाएँ प्रायः पहाड़ी घाटियों की दिशाओं में ही बहती हैं। उत्तर से दक्षिण की ओर फैली हुए घाटियों में इन हवाओं का प्रभाव बड़ा प्रबल रहता है।

स्विट्जरलैंड के उत्तरी भाग में ये हवाएँ बसन्त और पतझड़ के मौसम में अधिक चला करती हैं। इनके प्रभाव से यहाँ घास के मैदानों पर जमी बर्फ पिघल जाती है और इनकी शुष्कता और ताप के कारण फसलों के पकने में बड़ी सहायता मिलती है। विशेषतः अंगूर की बेलों के लिए ये बड़ी ही लाभदायक होती हैं।

(3) सिरॉको (Sirocco)—जब कभी चक्रवातीय व्यवस्था के कारण भूमध्य सागर पर निम्न दाब और सहारा प्रदेश में अपेक्षाकृत उच्च दाब रहता है तो सहारा से भूमध्यसागर की ओर शुष्क, गरम और धूल से भरी हवाएँ चलने लगती हैं। भूमध्यसागर के ऊपर गुजरते समय इनमें कुछ आर्द्रता आ जाती है। ऐसी आर्द्र हवाएँ इटली और सिसली में चलती हैं। सहारा से

चलने के कारण उत्तरी अफ्रीका, सिसली और दक्षिणी इटली में इनकी दिशा दक्षिण में रहती है। इन्हीं हवाओं को इटली में सिरोंको और सहारा में 'सिमूम' कहते हैं।

एटलस पर्वत-श्रेणियों से नीचे उतरने के कारण इनकी शुष्कता और गर्मी दोनों ही बहुत बढ़ जाती है। ये हवाएँ प्रायः भूमध्यसागर को पार करने में सफल होती हैं। इस कारण दक्षिणी इटली तक पहुँचते-पहुँचते ये गरम और आर्द्र हो जाती हैं। इटली में इन हवाओं के कारण मौसम बड़ा कष्टप्रद हो जाता है। शरीर शिथिल हो जाता है और काम करने को बिल्कुल जी नहीं चाहता।

साधारणतः ये हवाएँ सभी मौसम में चलती हैं परन्तु वसन्त ऋतु में इनका जोर अधिक रहता है, क्योंकि इस मौसम में भूमध्यसागर में चक्रवात अधिक शक्तिशाली रहते हैं और सहारा में भी गर्मी की ऋतु प्रारम्भ हो चुकी होती है। ग्रीष्म में इन हवाओं का कोई नियमित प्रवाह नहीं होता।

इन हवाओं की प्रमुख विशेषता यह है कि ये एक-दो दिन तक लगातार चलती ही रहती हैं। इन हवाओं के प्रभाव में वनस्पति सूख जाती है और खड़ी हुई फसलों को विशेष हानि पहुँचती है। इटली और सिसली में अगूर की बेलों और जैतून के वृक्षों में जड़ें फूल निकल रहे होते हैं, उस समय यदि ये हवाएँ चलने लगती हैं तो सम्पूर्ण फूलों को नष्ट कर देती हैं।

(4) **खमसिन (Khamisin)**—उत्तरी अफ्रीका में चलने वाली सिरोंको हवा की तरह मिस्र में उष्ण और शुष्क हवा को खमसिन कहा जाता है। अरबी भाषा में खमसिन का अर्थ 50 से होता है। मिस्र में यह हवा दक्षिण से चलती है और अप्रैल से जून तक कोई 50 दिन तक चलती रहती है। इसीलिए इनका नाम 'खमसिन' पड़ गया है। यह हवा प्रायः अपने साथ बहुत-सी धूल उड़ाकर भीतरी भागों तक पहुँचा देती है।

(5) **सिमूम (Simoom)**—सहारा और अरब के मरुस्थलों में गर्मी और वसन्त में चलने वाली गरम, शुष्क व तूफानी हवा को सिमूम कहते हैं। यह हवा बवंडर की भाँति चलती है। इसके चलने पर साँस लेना कठिन हो जाता है। इसके साथ रेत के घने बादल भी उठा करते हैं, जिसके फलस्वरूप कुछ मीटर की दूरी तक देखना भी कठिन हो जाता है। इसके मार्ग में पड़ने वाले रेत के टीलों का आकार बिल्कुल बदल जाता है।

(6) **हरमाटन (Harmattan)**—पश्चिमी अफ्रीका में पूर्व या उत्तर-पूर्व से चलने वाली हवाओं को हरमाटन कहा जाता है। सहारा मरुस्थल से आने के कारण ये हवाएँ उष्ण, शुष्क और धूल से भरी होती हैं। ये इतनी अधिक गरम और शुष्क होती हैं कि कभी-कभी इनके कारण पेड़ के तने तक फट जाते हैं। जब ये हवाएँ गिनी तट पर पहुँचती हैं तो वहाँ की उष्णतर गर्मी में इनकी शुष्कता बड़ी भली लगती है। यहाँ यह हवा स्वास्थ्यप्रद समझी जाती है। इसलिए यहाँ इसको 'डॉक्टर' भी कहा जाता है।

जाड़े की अपेक्षा गर्मियों में इनका विस्तार अधिक होता है। ये अपने साथ बड़ी मात्रा में धूल उड़ाकर लाती हैं जिससे सम्पूर्ण वातावरण में धुँधलापन छा जाता है।

इस प्रकार की उष्ण स्थानीय हवाओं को दक्षिणी-पूर्वी स्पेन में **लेवेची (Leveche)**, ट्यूनिस में **चिली (Chili)**, लीबिया में **गिबली (Gibli)** और आस्ट्रेलिया में **ब्रिक्फील्डर (Buckfielder)** नाम से पुकारा जाता है।

(7) **मिस्ट्रल (Mistral)**—भूमध्यसागर के उत्तरी-पश्चिमी भाग के तटीय प्रदेशों में विशेषकर फ्रांस की रोन नदी के डेल्टे में उत्तर-पश्चिम से आकर बहने वाली ठण्डी हवा को मिस्ट्रल कहा जाता है। यह ठण्डी हवा अधिकतर जाड़े की ऋतु में चलती है। क्योंकि इस समय यूरोप महाद्वीप पर अपेक्षाकृत अधिक वायुदाब और पश्चिमी भूमध्यसागर पर कम वायुदाब रहता है।

जब ये हवाएँ फ्रांस के पठार से नीचे उतरती हैं तो अधिक शुष्क और ठण्डी हो जाती हैं। साथ ही रोन नदी की सकीर्ण घाटी से होकर निकलने के कारण इनकी गति बड़ी तीव्र और प्रचण्ड हो जाती है।

साधारणतः इनकी गति 35 से 40 मील प्रति घण्टा होती है, परन्तु कभी-कभी ये 80 मील प्रति घण्टा से भी अधिक तेज गति से चलने लगती हैं। इतना प्रचण्ड रूप धारण कर लेने पर कभी-कभी रेलगाड़ियाँ तक उलट जाती हैं। इन हवाओं के चलने के समय आकाश साफ और मेघरहित हो जाता है परन्तु तापमान हिमांक बिन्दु (Freezing point) से भी नीचे पहुँच जाता है।

इसके प्रचण्ड और उग्र रूप से बचने के लिए रोन की घाटी के निचले भाग में दक्षिण-पूर्व की ओर वृक्षों की कई कतारें लगा दी गयी हैं। वृक्षों की ये पक्तियाँ स्थायी हैं। इस प्रदेश के उद्यान व बगीचों को बचाने के लिए लोग साइप्रस की झाड़ियाँ लगाकर बचाव करते हैं।

(8) बोरा (Bora)—एड्रियाटिक सागर के पूर्वी किनारे पर और इटली के उत्तरी भाग में जाड़े में उत्तर और उत्तर-पूर्व से चलने वाली ठण्डी और शुष्क हवाओं को 'बोरा' कहा जाता है। स्थल से चलने के कारण ये हवाएँ शुष्क और ठण्डी होती हैं और मौसम साफ रहता है। एड्रियाटिक सागर पर होकर निकलते समय इनमें कुछ नमी आ जाती है जिससे कभी-कभी वर्षा हो जाया करती है।

कभी-कभी ये हवाएँ लगातार कई दिनों तक चलती रहती हैं जिससे बहुधा इनकी प्रचण्डता बढ़ जाती है। सामान्यतया इनका वेग बहुत अधिक होता है। कभी-कभी इनकी गति 100 मील प्रति घण्टे से भी अधिक हो जाती है। तीव्र गति और प्रचण्डता के कारण यह बहुधा अपने मार्ग में पड़ने वाली इमारतों आदि को बड़ी हानि पहुँचाती है। ये अपने प्रभाव में दक्षिणी फ्रांस की मिस्ट्रल हवा से बहुत कुछ मिलती-जुलती होती है।

(9) हिम झंझावात (Blizzard)—बर्फ की आँधी को हिम झंझावात (Blizzard) कहते हैं। हिम झंझावात में कभी तो बर्फ का चूर्ण पाया जाता है, कभी बर्फ के नुकीले टुकड़े और कभी केवल अति शीतल हवा का झोंका ही रहता है। इस प्रकार की आँधी में किसी भी वस्तु का ठहरना कठिन हो जाता है, क्योंकि इसकी गति बड़ी तेज होती है। कभी-कभी इनकी गति 50-60 मील प्रति घण्टा तक होती है। बर्फ के कणों और हवा की तेजी से इनमें कुछ भी दिखाई नहीं पड़ता। इस प्रकार के झंझावात पहाड़ों की ऊँची बर्फ से ढकी हुई चोटियों, अति शीतल ध्रुवीय प्रदेशों (उत्तरी ध्रुव और दक्षिणी ध्रुव) और कनाडा व साइबेरिया के बर्फीले मैदानों में चला करते हैं। ध्रुवीय प्रदेशों में ऐसे झंझावात बहुधा आया करते हैं और कभी-कभी कई दिनों तक लगातार चलते रहते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में एडीलेलैण्ड इतने अधिक और प्रचण्ड बर्फीले तूफान आते हैं कि उसे 'हिम झंझावात का घर' (Home of the Blizzard) कहा जाता है। कनाडा और उत्तरी संयुक्त राज्य अमेरिका में भी ऐसे झंझावात आया करते हैं और जब आते हैं तो शीत की एक प्रचण्ड लहर दौड़ जाती है। जाड़ों में इन झंझावातों से अचानक तापमान बढ़ जाता है और गर्मियों में घट जाता है। मध्य एशिया में इस प्रकार के झंझावातों को बुरान (Buran) कहते हैं।

(10) धूल का भूत (Dust Devil)—धूल का भूत से तात्पर्य धूल के भँवर से है। यह एक स्थानीय घटना है जो प्रायः मरुस्थलों में घटित होती है। इस प्रकार की धूल की भँवरें अत्यधिक तापमान के कारण ही उत्पन्न होती हैं। जब कभी किसी स्थान पर अत्यधिक गर्मी बढ़ जाती है तो वायु गरम होने पर हल्की होकर बड़ी तेजी से ऊपर उठने लगती है और प्रचण्ड संवहन धाराएँ बन जाती हैं। परिणामस्वरूप धूल का एक चक्र-सा बनकर ऊपर की ओर उठने लगता है। इनका रूप चक्करदार एक बवण्डर के अनुरूप होता है। ये बवण्डर स्थानीय कारणों से ही उत्पन्न होते हैं और स्थान विशेष तक ही सीमित रहते हैं। धूल के ये बवण्डर 2-4 या 5 मीटर तक ही

फँसे होते हैं परन्तु केन्द्र में चारों ओर धूल के कण उठते-उठते कभी-कभी पृथ्वी से 2-3 हजार फुट की ऊँचाई तक पहुँच जाते हैं।

मरुस्थलों में धूल के ये बवण्डर 5 से 15 मील प्रति घण्टा की गति से चलते हैं। कभी-कभी इनकी गति 50 मील प्रति घण्टा हो जाती है। स्थानीय दशाओं के अनुसार कभी-कभी मरुस्थलों में धूल के पाँच-छह बवण्डर एक साथ उठते हुए दिखाई देते हैं।

(11) शीत लहर (Cold Wave)—जब कभी निम्न अक्षांशों में ध्रुव प्रदेशों की अति शीतल वायु का झोका-सा आ जाता है तो उसे शीत लहर कहते हैं। प्रायः चक्रवात के निकल जाने के बाद शीत सीमान्त के पीछे के भाग में शीतल हवा का झोका आ जाता करता है। साधारणतया ऐसी शीतल वायु ध्रुवीय प्रदेशों में उत्पन्न होती है और उत्तरी अमरीका व साइबेरिया में प्रायः चला करती है। जाड़े के मौसम में बड़े-बड़े भूखण्डों पर शीतल वायु की विशाल राशि एकत्रित हो जाती है। अतः शीत लहर के लिए प्रति-चक्रवात की अवस्थाएँ और विशाल भू-भाग का होना आवश्यक है। दक्षिणी गोलार्द्ध में भू-खण्डों के विस्तार की कमी के कारण वहाँ शीतल वायु की विशाल राशि नहीं बन पाती। साथ ही वहाँ प्रति-चक्रवात की अवस्थाएँ भी उतनी विकट नहीं पायी जाती जितनी कि उत्तरी गोलार्द्ध में। फलतः दक्षिणी गोलार्द्ध में शीतल हवा अपेक्षाकृत कम तीव्र होती है। भिन्न-भिन्न स्थानों पर शीत लहर को भिन्न-भिन्न नाम से पुकारा जाता है और भिन्न अर्थों में इसका प्रयोग होता है। संयुक्त राज्य अमरीका में जब तापमान चौबीस घण्टों के भीतर एक निश्चित निम्न सीमा के नीचे चला जाता है तो वायुमण्डल की दशा को 'शीत लहर' कहते हैं। तापमान के नीचे गिरने से उसकी निश्चित सीमा सदैव एकसी और स्थायी नहीं होती। मौसम व स्थान विशेष की स्थिति के अनुसार इसमें अन्तर होता है।

कभी-कभी जाड़े के मौसम में जब किसी प्रदेश विशेष में अत्यधिक सर्दियाँ बढ़ जाती हैं तो लोग उसे शीत-लहर का प्रभाव कहते हैं। यह शीत-लहर वास्तव में समीपवर्ती पर्वतीय प्रदेशों की वायु होती है जो आकर मैदानी भागों को ठण्डा कर देती है।

शीत-लहर अपने प्रभाव में बड़ी तीव्र होती है। जब यह चलती है तो तापमान को एकदम नीचा कर देती है। जब इसका भयंकर प्रकोप होता है तो इसकी प्रचण्डता से खड़ी फसले नष्ट हो जाती हैं।

ऊपरी वायु का प्रभाव (Upper-air Movement)

अब तक जिन हवाओं का वर्णन किया गया है वे केवल धरातलीय पवने हैं। धरातल के ऊपर वायुमण्डल के ऊपरी भागों में वायु का विशेष प्रवाह देखा जाता है। सामान्यतः यह प्रवाह दोनों गोलार्द्धों में पूर्व की ओर होता है।

वायुमण्डल के ऊपरी भाग में वायु प्रवाह का कारण वहाँ का वायुदाब ही है। ऊपरी वायु का दाब ध्रुवों के निकट न्यूनतम और विषुवत रेखा के निकट अधिकतम होता है। इस प्रकार प्रत्येक गोलार्द्ध में न्यून वायुदाब का एक विस्तृत क्षेत्र है जो प्रत्येक ध्रुव पर केन्द्रित है और ध्रुवों से यह विषुवत रेखा की ओर फैला रहता है। ऊपरी वायुदाब की इस दशा के कारण उत्तरी गोलार्द्ध में हवा घड़ी की सुइयों की दिशा के विपरीत ध्रुव के चारों ओर चलती है और दक्षिणी गोलार्द्ध में यह घड़ी की सुइयों की दिशा के अनुकूल चलती है।

परिवर्तन मण्डल में ऊपरी वायु का प्रवाह बहुत कुछ धरातलीय हवाओं के विपरीत दिशा में होता है। यही कारण है कि अश्व अक्षांशों के अपसृत क्षेत्रों में वायु एकत्रित होती है। यह एकत्रित वायु धरातल की सन्मार्गी और पछुवा हवाओं को निरन्तर गति प्रदान करती है।

पिछले कुछ वर्षों में यह ज्ञात हुआ है कि उच्च वायुमण्डलीय पश्चिमी वायु प्रवाह कुछ निश्चित पट्टियों (belts) में केन्द्रित है। वायु के इस प्रकार के प्रवाह को जेट स्ट्रीम के नाम से पुकारा जाता है। ये जेट स्ट्रीम 100 से 300 मील तक चौड़ी एक बड़ी नदी के समान होती है और धरातल से 5-7 मील की ऊँचाई पर ससार का चक्कर काटती है। वायु की ये जेट पट्टियाँ वहाँ पायी जाती हैं जहाँ ठण्डे तथा उष्ण अग्रमुख (fronts) मिलते हैं। अतः ध्रुव वृत्तों के निकट एवं उपोष्ण भागों में उन्हें अलग-अलग देखा जा सकता है। इन जेट पवनो की अधिकतम गति मध्यस्तर (tropopause) के निकट होती है। निरीक्षण द्वारा ज्ञात हुआ है कि ग्रीष्मऋतु में इनकी गति 50 से 60 मील और जाड़ों में 95 से 120 मील प्रति घण्टा होती है। उपरोक्त जेटों के अतिरिक्त वायुमण्डल में स्थानीय महत्व की अन्य कई जेट स्ट्रीम मिलती हैं।

उच्च वायुमण्डलीय इन जेट पवनो का वायुयान-चालकों के लिए बड़ा महत्व है। यह एक विश्वसनीय पवन है और वायुयान-चालक इनका समुद्रों में सन्मार्गी पवनों की भाँति ही उपयोग कर सकते हैं। जेट स्ट्रीम का उपयोग करते हुए वायुयान-चालक अन्ध महासागर को पार करने में 20 से 30 मिनट तक और प्रशान्त महासागर को पार करने में एक घण्टा या उससे भी अधिक समय बचा सकते हैं। एक वर्ष में जिसमें हजारों उड़ानें होती हैं, इसका अर्थ लाखों डालर की बचत है। इसीलिए वायुयान-चालकों के लिए जेट स्ट्रीम बड़ी उत्साहदायक है।¹

जेट स्ट्रीम का धरातल की मौसम की अवस्थाओं से गहरा सम्बन्ध होता है, यद्यपि अभी तक उनका महत्व पूरी तरह नहीं समझा गया है। लगता है कि जेटों तथा अन्य उच्च पवन पृथ्वी पर मौसम की खिचड़ी है। अनुमान किया जाता है कि वे तूफानों तथा ववण्डरों की चोटी पकड़ कर उन्हें अपने नियमित पथों से खींच लेती हैं। भू-भौतिकीविद इन उच्च पवनो तथा मौसम के अन्तर सम्बन्ध को स्पष्ट करने की दिशा में प्रयत्नशील हैं।²

¹ अलक्जेण्डर मारशैक : पृथ्वी और अन्तरिक्ष, पृ० 101

² वही : पृ० 105-106

10

वायुमण्डल की आर्द्रता (HUMIDITY OF THE ATMOSPHERE)

वायुमण्डल अनेक गैसों का प्रतिरूप है। जलवाष्प भी इसका एक अंग है। वायुमण्डल में जलवाष्प की औसत मात्रा दो प्रतिशत से भी कम है, फिर भी जलवायु और मौसम की दृष्टि से यह वायु का सर्वाधिक महत्वपूर्ण अंग है। वायुमण्डल में मिली अन्य गैसों का अनुपात प्रायः सभी स्थानों पर एकसा रहता है, परन्तु जलवाष्प अपने अनुपात में निरन्तर बदलती रहती है। जलवाष्प के अनुपात का यह अन्तर 0 से लेकर 5% तक देखा जा सकता है। वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा का समय और स्थान परिवर्तन कई दृष्टियों से बड़ा महत्वपूर्ण है। वायुमण्डल में जलवाष्प की मात्रा पर ही वर्षा की न्यूनधिकता, वायु-राशि की स्थिरता और अस्थिरता, चक्रवातों और झंझावातों का जन्म और विकास तथा धरातल के ऊपर तापमान की अवस्था निर्भर करती है। अस्तु, यदि देखा जाय तो जलवाष्प का परोक्ष रूप से वनस्पति, पशु-पक्षी और मानव-जीवन पर गहरा प्रभाव होता है।

जलवाष्प के स्रोत

वायुमण्डल में मिली अन्य गैसों के समान जलवाष्प भी अदृश्य होती है। परन्तु वायु दशा के परिवर्तन होने पर जलवाष्प बादल, कुहरा, ओस, हिम, ओला तथा वर्षा के रूप में देखी जा सकती है। वायुमण्डल की यह महत्वपूर्ण गैस (जलवाष्प) स्थल पर विद्यमान जलाशयों से प्राप्त होती है। धरातल पर प्राप्त होने वाली सूर्य की गर्मी निरन्तर जल को वाष्प रूप में बदलती रहती है। फिर यही जलवाष्प हवाओं और प्रसार के ढंगों से महाद्वीपों के ऊपर ले जायी जाती है। धरातल के तीन-चौथाई भाग पर फैले हुए महासागर इस प्रकार जलवाष्प के अक्षय स्रोत हैं। महासागरों के अतिरिक्त आर्द्र भू-स्थल, पेड़-पौधे और गौण जलाशय—झील, नदी, तालाब, कुएँ आदि—वायुमण्डल की वाष्प के अन्य प्रमुख साधन हैं। वायुमण्डल में जलवाष्प का बराबर उलट-फेर (turn-over) होता रहता है। सूर्य की गर्मी से पानी वाष्प रूप में परिवर्तित होकर वायुमण्डल में वाष्प की मात्रा को बढ़ाता रहता है। परन्तु वही वाष्प दूसरी ओर संघनन और वर्षा के द्वारा वायुमण्डल से नष्ट होती जाती है। घनीभवन क्रिया से जलवाष्प पुनः तरल अथवा ठोस रूप में बदल जाती है, जबकि वाष्पीभवन से तरल जल अदृश्य गैस रूप में परिवर्तित हो जाता है। जैसे हवाएँ आर्द्रता को गैस में समुद्रों से स्थल की ओर ले जाती हैं उसी तरह हवाएँ, नदियाँ और हिमनदियाँ इसको पुनः गैसीय, तरल अथवा ठोस रूप में समुद्रों को पहुँचाती हैं। वाष्प और जल का यह क्रम बराबर चलता ही रहता है।

जलवाष्प में गुप्त ताप-शक्ति

सामान्यतः सभी इस बात से परिचित हैं कि बर्फ को जल में और जल को भाप में बदलने के लिए ताप के रूप में शक्ति की आवश्यकता होती है। जल के ठोस रूप को द्रव और द्रव को गैसीय रूप में बदलने में शक्ति की आवश्यकता पड़ती है। इससे यह स्पष्ट है कि जलवाष्प में जल से और जल में बर्फ से अधिक ताप-शक्ति (potential energy) विद्यमान रहती है। जलवाष्प में एकत्रित यह अतिरिक्त शक्ति ही गुप्त-ताप (latent heat) अथवा गुप्त-शक्ति (latent energy) कहलाती है। गुप्त-ताप-शक्ति बहुत अंशों में बदलती हुई सौर-शक्ति ही है जो बर्फ और जल के भवन में प्रयुक्त होती है जिससे वे जलवाष्प में परिवर्तित हो जाते हैं। वाष्पीभवन के समय जल पर प्रयुक्त शक्ति बनने वाली गैस को गरम नहीं करती, वरन् वह जल को तरल अवस्था से गैसीय अवस्था में बदलने में खर्च होती है। थल की अपेक्षा जल के देर से गरम होने के पीछे भी यही तथ्य है। सूर्य की अधिकतर शक्ति जल की ऊपरी परत के वाष्पीभवन में ही खर्च हो जाती है। यदि वाष्पीभवन क्रिया में शक्ति प्रयुक्त होती है तो दूसरे रूप में शक्ति संचनन के समय पुन प्राप्त होनी चाहिए। जलवाष्प द्वारा पुन. निकाली गयी यह ताप-शक्ति संचनन की गुप्त-ताप-शक्ति (Latent heat of condensation) कहलाती है। संचनन की यह गुप्त-ताप-शक्ति चक्रवातों और तूफानों को उत्पन्न करने और वर्षा को जन्म देने का महत्त्वपूर्ण साधन है। रात्रि के समय जब संचनन क्रिया प्रारम्भ होती है तो तापमान बहुत अधिक नहीं गिरने पाते, क्योंकि अपरिमित मात्रा में छोड़ी गयी गुप्त-ताप-शक्ति तापमान को नीचे जाने से रोक देती है।

वायुमण्डल की आर्द्रता

(Humidity of the Atmosphere)

प्रतिदिन धरातल का जल सूर्याभिताप से वाष्प में परिणत होता रहता है। भाप में बदलकर जल वायुमण्डल में मिल जाता है। वायुमण्डल में विद्यमान जल का यह परिवर्तित रूप (वाष्प) ही उसकी आर्द्रता कहलाता है।

वायु में भाप ग्रहण करने की क्षमता बहुत अंशों में उसके तापमान पर निर्भर करती है। वायु का तापमान जितना ही अधिक होगा उसमें भाप धारण करने की शक्ति उतनी ही बढ़ती जायगी। यह तथ्य नीचे दी तालिका से विदित हो जाता है :

एक घन फुट वायु में तापमान के अनुसार निम्न मात्रा में भाप रह सकती है¹

वायु का तापमान	भाप की मात्रा	तापमान में 10° फा० अन्तर होने पर भाप धारण करने की शक्ति में अन्तर
30° फा०	1.9 ग्रैन
40° „	2.9 „	1.0
50° „	4.1 „	1.2
60° „	5.7 „	1.6
70° „	8.0 „	2.3
80° „	10.9 „	2.9
90° „	14.7 „	3.8
100° „	19.7 „	5.0

¹ V. C. Finch and G. I. Trewartha : *Elements of Geography*, p. 73

पीछे दी गयी तालिका से यह स्पष्ट प्रतीत होता है कि गरम हवा में ठण्डी हवा की अपेक्षा भाप धारण करने की शक्ति कहीं अधिक होती है। ज्यों-ज्यों तापमान में वृद्धि होती जाती है वायु में भाप धारण करने की शक्ति भी बढ़ती जाती है। जैसे यदि एक घन फुट के तापमान को 10° फा० बढ़ा दिया जाय अर्थात् 30° से 40° फा० कर दिया जाय तो उस वायु में केवल 1 ग्रेन भाप मिला लेने की शक्ति बढ़ती है। परन्तु यदि 90° फा० तापमान वाली हवा को 10° बढ़ाकर 100° फा० कर दिया जाय तो उसमें प्रति घन फुट 5 ग्रेन भाप धारण करने की शक्ति बढ़ जाती है। इससे यह प्रकट होता है कि गर्मी के दिनों में हवा सर्दी के दिनों की अपेक्षा अधिक भाप ग्रहण कर सकती है और इससे उसमें वर्षा की शक्ति भी अधिक होती है। उष्ण खण्डों में तापमान की अधिकता से सदा ही वायु में जलवाष्प की मात्रा अधिक रहती है। किन्तु शीतोष्ण तथा ध्रुव के निकटवर्ती भागों में तापमान की न्यूनता से वायु में भाप की मात्रा बहुत ही अल्प होती है। तापमान के अतिरिक्त वायु में भाप की मात्रा जल और स्थल के विस्तार तथा हवाओं की किसी स्थान तक पहुँच पर भी निर्भर करती है। यही कारण है कि समुद्रों पर तथा समुद्रतटीय भागों में वायु में भाप की मात्रा अधिक देखी जाती है। समुद्रों से दूर महाद्वीपों के भीतरी भागों में वायु में भाप की मात्रा कम होती है। इसलिए ससार के समस्त उष्ण मरुस्थल समुद्री हवाओं के प्रभाव से दूर उष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपों के भीतर पाये जाते हैं।

वायु कभी भी शुष्क दशा में नहीं रहती। वायु में कुछ न कुछ अंशों में भाप अवश्य मिली रहती है। वायु में पाया जाने वाला भाप का अंश इतना कम हो सकता है कि वह नापा भी न जा सके जैसा कि समतापमण्डल में देखा जाता है। परन्तु वायु में भाप का अंश होता अवश्य है। वायुमण्डल के प्रति घन फुट वायु में किसी भी तापमान और दबाव पर भाप की एक निश्चित मात्रा ही रह सकती है। तापमान और दबाव के अनुसार यदि भाप की यह सब मात्रा उसमें वर्तमान हो तो वह वायु की संतृप्त (saturated) अवस्था होती है। ऐसी अवस्था परिवर्तनमण्डल में प्रायः देखने को मिलती है।

निरपेक्ष आर्द्रता (Absolute Humidity)

किसी भी समय वायु के विशिष्ट अंश में भाप की जो मात्रा विद्यमान होती है उसे वायु की निरपेक्ष आर्द्रता (absolute humidity) कहते हैं। उदाहरणतः, यदि एक घन फुट वायु से 50° फा० तापमान पर 3 ग्रेन भाप वर्तमान है तो उसे हम वायु की निरपेक्ष आर्द्रता कहेंगे। वायु की यह आर्द्रता प्रति घन फुट वायु में पाये जाने वाले भाप के दबाव में प्रकट की जाती है। भाप का दबाव प्रति घन फुट वायु में ग्रेन के अनुसार बताया जाता है। निरपेक्ष आर्द्रता चूँकि वायु में भाप की वास्तविक आर्द्रता को प्रकट करती है, अतः इससे वर्षा के सम्बन्ध में अनुमान लगाने में सहायता मिलती है। तापमान के घटने-बढ़ने का निरपेक्ष आर्द्रता पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। वायु की निरपेक्ष आर्द्रता में अन्तर तभी आता है जबकि वाष्पीकरण द्वारा वायु में भाप की मात्रा बढ़ जाय अथवा वर्षा द्वारा उसमें से मात्रा कम हो जाय। वायु ऊपर उठकर फैलती है और नीचे उतरकर सिकुड़ती है। वायु के इस प्रकार फैलने और सिकुड़ने पर वायु में भाप की मात्रा घटायें-बढ़ायें बिना भी वायु की निरपेक्ष आर्द्रता बदल जाती है। इस प्रकार वायु की निरपेक्ष आर्द्रता कभी भी स्थिर नहीं होती। वायुमण्डल की दशाओं के परिवर्तन पर वह भी परिवर्तित रहती है।

निरपेक्ष आर्द्रता प्रायः भूमध्य रेखा के निकट सबसे अधिक पायी जाती है। ध्रुवों की ओर बढ़ने पर वह क्रमशः कम होती जाती है। समुद्रों से दूरी बढ़ने पर भी इसकी मात्रा में बड़ा भारी

अन्तर पड़ जाता है। साधारणतः यह सर्दी की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु में तथा रात्रि की अपेक्षा दिन में अधिक रहती है। जुलाई के उष्णतर मानसून के समय कलकत्ता में औसत निरपेक्ष आर्द्रता 34 मिलीबार रहती है परन्तु जनवरी में इसकी मात्रा 15 मिलीबार ही होती है। जलवाष्प की सबसे कम मात्रा ध्रुव प्रदेशों में शीत ऋतु में पायी जाती है। फ्रेम (Fram) नामक जहाज ने ध्रुव प्रदेशों की यात्रा के समय देखा कि वहाँ जनवरी माह में जलवाष्प की मात्रा पूरे 24 घण्टों में 0.3 मिलीबार ही रही।¹

आपेक्षिक आर्द्रता (Relative Humidity)

वायुमण्डल में रहने वाली जलवाष्प और वायु के तापमान में घनिष्ठ सम्बन्ध है। वायु में किसी तापमान और दबाव पर भाप की एक निश्चित मात्रा ही रह सकती है। उसके बाद जलवाष्प पानी में बदलने लगती है। वायु में उसके तापमान और दबाव के अनुसार जलवाष्प धारण करने की जो अधिकतम शक्ति विद्यमान होती है और उसकी जितनी प्रतिशत जलवाष्प हवा में वस्तुतः मौजूद होती है, उसे हवा की आपेक्षिक आर्द्रता (relative humidity) कहा जाता है। दूसरे शब्दों में, किसी तापमान पर वायु के किसी आयतन (volume) में उपस्थित जलवाष्प की मात्रा तथा उसी ताप पर वायु को संतृप्त करने के लिए आवश्यक जलवाष्प की मात्रा के अनुपात को उस तापमान पर वायु की आपेक्षिक आर्द्रता कहते हैं। उदाहरण के लिए, 70° फा० तापमान पर एक घन फुट वायु में कुल 8 ग्रेन जलवाष्प रह सकती है। यदि इस तापमान पर एक घन फुट वायु में केवल 6 ग्रेन जलवाष्प ही मौजूद है तो उसकी आपेक्षिक आर्द्रता 75 प्रतिशत ही होगी। इसी प्रकार यदि 60° फा० तापमान पर एक घन फुट में 9 ग्रेन भाप है तो उसकी आपेक्षिक आर्द्रता 68 प्रतिशत होगी, क्योंकि 60° फा० तापमान पर एक घन फुट वायु को सतृप्त अवस्था में पहुँचाने के लिए 13.3 ग्रेन जलवाष्प की आवश्यकता होती है। वायु के तापमान परिवर्तन और उसमें भाप की मात्रा की घटा-बढ़ी होने के साथ ही हवा की आपेक्षिक आर्द्रता बदल जाती है। तापमान वृद्धि के साथ किस प्रकार आपेक्षिक आर्द्रता बदलती है नीचे की तालिका से प्रकट हो जाता है।

तापमान	निरपेक्ष आर्द्रता	आपेक्षिक आर्द्रता का प्रतिशत
40° फा०	2.9 ग्रेन	100
50° "	"	70
60° "	"	50
70° "	"	35
80° "	"	26
90° "	"	19

साधारणतः रात्रि और प्रातःकाल में सभी स्थानों पर आपेक्षिक आर्द्रता 90% से ऊपर रहती है। परन्तु दिन में प्रचण्ड सूर्य के प्रभाव से यह बहुत शीघ्र नीचे उतर जाती है। उष्ण मरुस्थलों में यह 5 प्रतिशत से भी कम हो जाया करती है। आर्द्र अयनवृत्तीय भागों में भी शुष्क ऋतु में दिन के समय आपेक्षिक आर्द्रता 60 प्रतिशत ही पायी जाती है। वर्षा ऋतु में इसका अनुपात बढ़कर 70 प्रतिशत हो जाता है। भिन्न-भिन्न ऋतुओं में धरातल के भिन्न-भिन्न भागों में आपेक्षिक आर्द्रता का परिवर्तन किस प्रकार होता है यह आगे की तालिका से स्पष्ट है।

¹ W. G. Kendrew ; *Climatology*, p. 209

आपेक्षिक आर्द्रता के वार्षिक परिवर्तन का प्रतिशत¹

किस्म	स्थान	सर्दी	बसन्त	ग्रीष्म	पतझड़
महाद्वीपीय	साल्टलेक सिटी (ऊँटाहा)	67	51	37	47
महासागरीय	थोर्स हेवन (फेरोस)	83	81	85	85
मानसून	ब्लाडीवोस्टक (रूस)	72	75	87	71
अयनवृत्तीय	प्युबला (मेक्सिको)	58	53	71	61

आपेक्षिक आर्द्रता का महत्त्व—आपेक्षिक आर्द्रता का हमारे जीवन पर बड़ा प्रभाव होता है। अतः इसका हमारे लिए कई दृष्टियों से बड़ा महत्त्व है :

(1) आपेक्षिक आर्द्रता का वाष्पीकरण की मात्रा और उसकी गति पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। आपेक्षिक आर्द्रता और वाष्पीकरण में उलटा सम्बन्ध है। वाष्पीकरण का पेड़-पौधों व फसलों की वृद्धि तथा पशुओं के स्वरूप पर बड़ा प्रभाव होता है। अतः आपेक्षिक आर्द्रता का ज्ञान कृषकों के लिए बड़ा जरूरी है।

(2) मानव-शरीर से निकलने वाली गर्मी और आर्द्रता पर इसका महत्वपूर्ण प्रभाव होता है। अतः जिन स्थानों पर आपेक्षिक आर्द्रता अधिक रहती है वहाँ के निवासियों का स्वास्थ्य ठीक नहीं रहता। आपेक्षिक आर्द्रता की बहुत अधिक कमी भी मनुष्य के स्वभाव को चिड़चिड़ा बना देती है। इसकी कमी से शरीर की त्वचा फटने लग जाती है। सामान्यतः 60 प्रतिशत आर्द्रता स्वास्थ्य के लिए आदर्श रहती है। मनुष्य की कार्यक्षमता पर इसका गहरा प्रभाव होता है। इस कारण हमारे लिए इसका अध्ययन बड़ा लाभप्रद होता है।

(3) सापेक्षिक आर्द्रता की सहायता से वर्षा की सम्भावना का ज्ञान किया जा सकता है। वर्षा होने के पूर्व सापेक्षिक आर्द्रता बढ़ जाया करती है। इसी आधार पर मौसम विभाग आने वाले मौसम की भविष्यवाणी करते हैं।

(4) सापेक्षिक आर्द्रता का विद्युत यन्त्रों, रेडियो तथा अन्य वैज्ञानिक यन्त्रों पर भी बड़ा प्रभाव होता है। कई रासायनिक पदार्थ और दवाएँ आर्द्रता अधिक बढ़ जाने पर खराब हो जाती हैं।

(5) इमारतों के निर्माण में भी आर्द्रता का ज्ञान बड़ा जरूरी होता है। अधिक आर्द्रता में कई वस्तुएँ सड़ जाती हैं जबकि कम आर्द्रता में प्लास्टर चटक जाता है। अतः किसी भी स्थान पर इमारतों के निर्माण के समय आपेक्षिक आर्द्रता का अध्ययन करके ही इमारतों सामान का चुनाव किया जाता है।

संघनन

(Condensation)

अदृश्य रूप में भाप सदा ही हवा में मिली हुई रहती है। परन्तु इसकी मात्रा हवा के तापमान और दाब के अनुसार निरन्तर बदलती रहती है। हवा के एक निश्चित तापमान पर परिमित अवस्था में ही भाप समा सकती है। इस सीमा तक भाप ग्रहण कर लेने पर हवा में अधिक भाप ग्रहण करने की क्षमता नहीं रहती। तब वह सतृप्त (saturated) हो उठती है। इस सतृप्त हवा में यदि थोड़ी और भाप मिला दी जाय तो संघनन (condensation) की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है, जिससे भाप गैसीय रूप से जल रूप में बदलने लगेगी। भाप के गैस रूप से जल रूप में बदलने की क्रिया को ही संघनन (condensation) कहा जाता है।

¹ Haurwitz and Austin ; *Climatology*, p. 92

वायुमण्डल में भाप हवा के ठण्डे होने पर भी वायव्य रूप से जल रूप में बदल जाती है। यह सघनन की दूसरी विधि है। वायुमण्डल में अधिकतर जलसीकर, बादल तथा कुहरा इसी विधि से बनते हैं। एक विशेष तापमान वाली हवा का जो कि संतृप्त नहीं है, यदि इतना तापमान घटा दिया जाय कि उसकी आनुपातिक आर्द्रता 100% हो जाय तो उस तापमान पर वह संतृप्त हो जायगी। इस प्रकार बिना भाप के घटाये-बढ़ाये ही जिस तापमान पर हवा संतृप्त हो जाती है उस तापमान को ओस बिन्दु (Dew Point) कहा जाता है। यदि हवा का तापमान ओस बिन्दु से भी नीचे गिर जाय तो उसकी अतिरिक्त भाप छोटे-छोटे जलसीकरो में बदलने लगेगी अर्थात् सघनन (condensation) की क्रिया प्रारम्भ हो जायगी। उदाहरणतः, यदि हवा का तापमान 80° फा० है और उसकी वास्तविक आर्द्रता प्रति घन फुट 8 ग्रैन है तो उसकी आपेक्षिक आर्द्रता 73 प्रतिशत होगी। अब यदि इस वायु-राशि का क्रमशः तापमान घटाया जाय जिससे उसकी भाप धारण करने की शक्ति घट जाय तो वह 70° फा० तापमान पर ओस बिन्दु (dew point) पर पहुँच जायगी और इस प्रकार उस तापमान पर संतृप्त हो उठेगी। वायु-राशि के इस तापमान के नीचे शीतल होने पर सघनन क्रिया शुरू हो जायगी। सघनन के कारण जो भाप जल-कणों में बदलती है वह भिन्न तापमानों की क्षमता के बीच के अन्तर के बराबर होती है। इस प्रकार यदि एक घन फुट संतृप्त हवा का तापमान 70° फा० से घटाकर 60° फा० कर दिया जाय तो उसके भाप रखने की शक्ति 8 ग्रैन से कम होकर 5.7 ग्रैन हो जायगी जिससे 2.3 ग्रैन अतिरिक्त भाप सघन होकर जल रूप में बदल जायगी। किन्तु संतृप्त हवा के इसी प्रकार भिन्न-भिन्न तापमान पर ठण्डे होने पर इतनी ही मात्रा में जल-राशि प्राप्त नहीं होती। यह मात्रा भिन्न तापमान पर भिन्न होती है।

उपरोक्त विवेचन से यह स्पष्ट प्रतीत होता है कि वायु की आपेक्षिक आर्द्रता और ओस बिन्दु में घनिष्ठ सम्बन्ध है। जब वायु में आपेक्षिक आर्द्रता अधिक होती है तो वह थोड़ी शीतल होने पर ओस बिन्दु पर पहुँच जाती है और उसमें सघनन होने लगता है। किन्तु यदि आपेक्षिक आर्द्रता कम हुई—जैसा कि मरुस्थलों में होता है—तो उसके ओस बिन्दु तक पहुँचने के लिए काफी मात्रा में तापमान घटाना आवश्यक होगा। भाप के सघनन होने के लिए इस प्रकार दो बातों की आवश्यकता होती है। पहले, हवा का ठण्डा होना और दूसरे, वायु की आपेक्षिक आर्द्रता की मात्रा। यदि हवा 32° फा० तापमान पर ही ओस बिन्दु पर पहुँच जाती है तो भाप जल-बिन्दुओं के नीचे ओस में बदल जायगी (जैसे—ओस, कुहरा और बादल) और यदि हवा 32° फा० तापमान के नीचे ओस बिन्दु पर पहुँचती है तो भाप सघन होकर सूक्ष्म हिम सीकरों में प्रकट होगी (जैसे—पाला, हिम और कुछ बादल)।

संघनन की विधियाँ

(Process Leading to Condensation)

वायुमण्डल की भाप तभी जल रूप धारण करती है जबकि वायुमण्डल ठण्डा हो जाय। वायुमण्डल के ठण्डे होने की कई विधियाँ हैं, जो निम्न हैं :

(1) विकिरण (Radiation)—जाड़ों में दिन के समय धरातल पर सूर्य से जो उष्णता प्राप्त होती है वह रात्रि को शीघ्रता से परावर्तित हो जाती है और धरातल अपने ऊपर की हवा से भी ठण्डा हो जाता है। अतः धरातल से लगी हुई हवा का तापमान ठण्डे धरातल के ससर्ग से ओस बिन्दु पर पहुँच जाता है। ठण्डे धरातल के फलस्वरूप जब हवा ओस बिन्दु को पहुँच जाती है तो हवा में विद्यमान भाप ओस व पाला आदि रूप में प्रकट हो जाती है।

(2) संचालन (Conduction)—जब दो भिन्न तापमान और आर्द्रता वाली वायु-राशियाँ आपस में मिलती हैं तो संचालन के कारण उष्ण वायु-राशि शीतल वायु-राशि के संसर्ग

से ठण्डी हो जाती है और उसकी भाप जल-कणों में बदल जाती है। इस प्रकार जब उष्ण और आर्द्र हवा ठण्डे धरातल, ठण्डे जल और ठण्डी धारा के ऊपर होकर चलती है तो शीघ्र ही शीतल हो जाती है और भाप जल रूप धारण कर लेती है। कुहरा (fog) इसी प्रकार बनता है।

वाष्पीकरण (Evaporation)

वाष्पीकरण वह क्रिया है जिससे पानी द्रव अवस्था से गैसीय अवस्था में बदल जाता है। वर्षा की मात्रा के समान वाष्पीकरण की मात्रा और उसकी गति का भी बड़ा महत्व है। वाष्पीकरण की गति मुख्यतः वायु की आपेक्षिक आर्द्रता पर निर्भर करती है। वायु की आपेक्षिक आर्द्रता जितनी कम होगी वाष्पीकरण उतना ही तीव्र होगा। वाष्पीकरण का सम्बन्ध सदैव वायु के तापमान से रहता है। यदि अन्य सब बातें समान रहे तो तापमान के बढ़ने पर वाष्पीकरण की क्रिया बढ़ जाती है। यदि समुद्रों का तापमान वायु के तापमान से अधिक है तो वाष्पीकरण बराबर होता रहेगा। किन्तु यदि वायु का तापमान समुद्रों के तापमान से अधिक है तो वाष्पीकरण के स्थान पर सघनन की क्रिया होगी, परन्तु यह आपेक्षिक आर्द्रता पर निर्भर करेगी। वाष्पीकरण की क्रिया पर हवा की गति का भी प्रभाव पड़ता है। हवा की गति बढ़ जाने पर वाष्पीकरण की क्रिया भी तीव्र हो जाती है। यदि कहीं समुद्रों पर वायु स्थिर हो जाती है तो हवा की आपेक्षिक आर्द्रता बढ़ जायगी। ऐसी दशा में वास्तविक आर्द्रता और संतृप्त बिन्दु में अन्तर कम हो जाने से वाष्पीकरण की क्रिया मन्द पड़ जायगी। इसके विपरीत, यदि हवा निरन्तर चलती रहे तो समुद्रों पर नयी शुष्क वायु के आते रहने से उसमें वाष्प धारण करने की शक्ति बढ़ जायगी। फलस्वरूप समुद्रों पर वाष्पीकरण की क्रिया बढ़ जायगी। वाष्पीकरण की गति पर धरातल की प्रकृति का भी बड़ा प्रभाव होता है। आवरणयुक्त भूमि की अपेक्षा नग्न भूमि से वाष्पीकरण तेजी से होता है।

वाष्पीकरण की क्रिया महाद्वीपों की अपेक्षा समुद्रों पर अधिक तीव्र होती है। समुद्रों पर 10° से 20° अक्षांशों के बीच वाष्पीकरण सबसे अधिक होता है। विषुवत रेखा के 10° उत्तर और 10° दक्षिण के बीच वाष्पीकरण समुद्रों की अपेक्षा महाद्वीपों पर अधिक होता है क्योंकि यहाँ घनी वनस्पति, वर्षा की अधिकता और ऊँचे तापमान के कारण वाष्पीभवन की क्रिया बराबर होती रहती है। समुद्रों पर ग्रीष्मऋतु में वाष्पीकरण न्यूनतम होता है, जबकि महाद्वीपों पर अधिकतम होता है।

पृथ्वी के दोनों गोलार्द्धों में भिन्न-भिन्न अक्षांशों पर समुद्र एवं महाद्वीपों पर वाष्पीकरण का औसत किस प्रकार रहता है यह नीचे तालिका में बताया गया है।

वाष्पीभवन का कटिबन्धीय वितरण¹

अक्षांश	60° - 50°	50° - 40°	40° - 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 0°
उत्तरी गोलार्द्ध						
महाद्वीप	14.2	13.0	15.0	19.7	31.1	45.3
समुद्र	15.7	27.6	37.8	45.3	42.7	39.4
औसत	15.0	20.1	28.0	35.8	49.2	40.6

¹ Haurwitz and Austin ; *Climatology*, p. 85

दक्षिणी गोलार्द्ध

महाद्वीप	(7.9)	(19.7)	20.1	16.1	35.4	48.0
समुद्र	9.1	22.8	35.0	44.1	47.2	44.9
औसत	8.7	22.8	33.5	39.0	44.5	45.7

संसार में सर्वाधिक वाष्पीकरण उष्ण मरुस्थलों में होता है। यहाँ वाष्पीकरण की गति ऊँचे तापमान, स्वच्छ और तीव्र हवाओं और नग्न चट्टानों अथवा बालूयुक्त धरातल के कारण बहुत अधिक रहती है। सूडान में अतबारा और खारतूम में वाष्पीकरण का वार्षिक औसत क्रमशः 246 और 213 इंच है। मिस्र में हलवान का औसत 94 इंच है। वाष्पीकरण की इस मात्रा में बहुत अधिक मौसमी अन्तर मिलता है। जैसे हलवान (Helwan) में जून का औसत 13 इंच है जबकि दिसम्बर और जनवरी का औसत केवल 3.5 इंच ही¹

विषुवतरेखीय मेखला में भी वाष्पीकरण की गति मन्द रहती है। यहाँ का मासिक औसत 2 से 3 इंच रहता है। शीतल शीतोष्ण अक्षांशों में भी वाष्पीकरण की गति कम पायी जाती है। उदाहरणतः, लन्दन का वार्षिक औसत केवल 13 इंच ही है।

वायु-राशियों की आर्द्रता (The Humidity of Air-Masses)

वायु में वाष्प की उपस्थिति के कारण वायु का घनत्व घट जाता है। जलवाष्प की कोई मात्रा उसी परिमाण की शुष्क वायु से हल्की होती है। हल्केपन का यह औसत 5 से 8 के लगभग रहता है। जब शुष्क वायु वाष्पीकरण द्वारा जलवाष्प को ग्रहण करती है तो उसमें किसी प्रकार की वृद्धि नहीं होती। वस्तुतः वह जितनी वाष्प ग्रहण करती है उतनी ही वायु को निकाल देती है। परिणामस्वरूप आर्द्र वायु उसी तापमान और दाब पर समान आयतन वाली शुष्क वायु से हल्की होती है।

सम्पीडन के कारण न केवल वायु का घनत्व ही बदलता है, अपितु उसका तापमान भी बदल जाता है। जब हम साइकिल में हवा भरते हैं तो उसका वाल्व (valve) भी अत्यधिक गरम हो जाता है, क्योंकि सम्पीडन के कारण दाब बढ़ जाता है, जिससे वह गरम हो उठता है। इसके विपरीत, जब वायु फैलती है तो दाब कम हो जाता है जिससे वह शीतल हो जाती है। वायु का फैलना तभी सम्भव होता है, जबकि वह वायुमण्डल में बहुत अधिक ऊँचाई तक ऊपर चली जाय। वायुमण्डल के ऊपरी भाग में बहुत कम मात्रा में वायु होती है जिससे वहाँ वायुदाब कम रहता है। वायुदाब की इस कमी से ही वहाँ वायु का फैलना सम्भव होता है। सामान्यतः समुद्रतट पर स्थित शुष्क वायु, जिस पर लगभग 1016 मिलीबार दाब होता है, 17,500 फुट की ऊँचाई तक ऊपर उठ जाने पर उसका दाब घटकर आधा हो जायगा, परन्तु अपने आयतन में वह दुगुनी हो जायगी। जब ऊपर उठकर वायु फैलती है तो उसे अपने आसपास की वायु को हटाना पड़ता है। वायु को हटाने के लिए शक्ति की आवश्यकता होती है। यह शक्ति ऊपर उठती हुई वायु की गर्मी के नष्ट होने से प्राप्त होती है। फलस्वरूप ऊपर उठकर फैलने पर वायु का तापमान कम हो जाता है। इस प्रकार जब किसी वायु-राशि में बाहर से बिना ताप के छोड़े अथवा ग्रहण किये ही ताप परिवर्तन हो जाता है तो दाब परिवर्तन द्वारा गरम अथवा शीतल होना (adiabatic heating and cooling) कहा जाता है।

¹ Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 375

ऊँचाई के अनुसार तापमान की ह्रास दर (Lapse Rates)

साधारणतः ऊँचाई के साथ तापमान के घटने [सामान्य ह्रास दर (normal lapse rate) या तापमान का लम्बवत प्रवण (vertical temperature gradient)] की औसत दर लगभग 3.3° फा० प्रति एक हजार फुट है। जब कोई असंतृप्त वायु-राशि एकदम सीधी ऊपर चढ़ती है तो ऊपर जाकर फैलती है और फैलकर शीतल हो जाती है। इस प्रकार वायु के ऊपर उठकर फैलकर ठण्डे होने की गति प्रति एक हजार फुट पर 5.4° फा० है जो कि ऊँचाई के अनुसार तापमान घटने की दर से अधिक है। तापमान घटने की इस दर को शुष्क रुद्धोष्म ह्रास दर (Dry adiabatic lapse rate) कहा जाता है।

यदि कोई संतृप्त वायु-राशि खड़े रूप में ऊपर उठती है तो वह भी ऊपर जाकर फैलने से ठण्डी हो जाती है। चूँकि यह वायु संतृप्त होती है अतः इसकी कुछ वाष्प शीघ्र ही संघनित (condensed) हो जाती है। इसका अर्थ यह है कि वायु की कुछ गुप्त-ताप-शक्ति छूट जाती है, जो उस दर को, जिस पर कि ऊपर उठती हुई वायु-राशि वस्तुतः शीतल होती है, कम कर देती है। वायु के इस प्रकार शीतल होने की गति को संतृप्त रुद्धोष्म ह्रास दर (Saturated adiabatic lapse rate) कहते हैं जो कि 2.7° फा० प्रति एक हजार फुट है। किन्तु वायु के शीतल होने की यह दर संघनित जलवाष्प की मात्रा के अनुसार बदलती रहती है। नीचे दी गयी तालिका में विभिन्न ह्रास दरों की अवस्थाओं को बताया गया है¹।

(फारेनहाइट अंशों में)

फुट	वायुमण्डल की औसत अवस्थाएँ	ऊपर उठती हुई शुष्क वायु	ऊपर उठती हुई संतृप्त वायु
4000	46.8	34.4	49.2
3000	50.1	43.8	51.9
2000	53.4	49.2	54.6
1000	56.7	54.6	57.3
समुद्र-तल	60.0	60.0	60.0

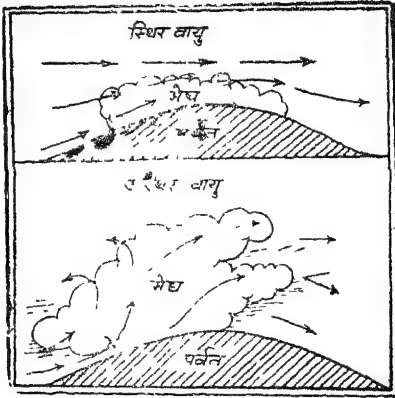
अस्थिरता (Instability)

वायु-राशि कई प्रकार से ऊपर उठने को प्रेरित होती है। जब धरातल का कोई भाग गरम होता है तो उसके ऊपर की वायु-राशि संचालन द्वारा गरम हो जाती है और उसमें उदग्र संवहन धाराएँ चलने लग जाती हैं। इसी प्रकार जब हवा किसी पर्वत के खिलाफ चलती है तो वायु-राशि को ढाल के ऊपर चढ़ना पड़ता है। चक्रवात में भी अग्रमुख धरातल (frontal surface) के समीप उष्ण वायु-राशि ठण्डी वायु के ऊपर चढ़ती है। उष्ण कटिबन्धीय तूफान में वायु सीधी ऊपर उठती है।

जब कोई वायु-राशि अपने आसपास की हवा से अधिक उष्ण और हल्की होती है तो वह ऊपर उठती है। ऐसी वायु-राशि को नितान्त अस्थिर (absolutely unstable) वायु-राशि कहा जाता है। इसका अस्थिर सन्तुलन (unstable equilibrium) होता है। वायु की अस्थिरता

¹ Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 371

असंतृप्त वायु की अपेक्षा संतृप्त वायु में अधिक रहती है। क्योंकि संतृप्त वायु बहुत ही धीरे-धीरे ठण्डी होती है और फलस्वरूप उसके आसपास की वायु से गरम बनी रहती है। इसी कारण उष्ण और आर्द्र वायु-राशि बहुत अधिक ऊँचाई तक ऊपर उठ जाती है और अस्थिर वायु दशा उत्पन्न कर देती है। परिणामस्वरूप ऐसी वायु-राशि के द्वारा घने बादल बनते हैं और भारी वर्षा होती है। इससे ओला एव झन्झावात भी उत्पन्न हो जाते हैं। जब उष्ण वायु-राशि ऐसी ऊँचाई को पहुँच जाती है जहाँ आसपास की हवा का तापमान उसके समान होता है तो उसका ऊपर उठना रुक जाता है। अब वह उदासीन सन्तुलन (Neutral equilibrium) अवस्था में होती है।



चित्र 116—संतृप्त वायु में स्थिरता और अस्थिरता

यदि कोई शुष्क वायु-राशि पर्वत के ऊपर चढ़ती है तो जब तक वह ओस बिन्दु (dew point) तक नहीं पहुँच जाती, शुष्क रुद्धोष्म ह्रास दर (dry adiabatic lapse rate) की गति से शीतल होती जायगी। ओस बिन्दु पर पहुँच जाने पर उसमें संघनन प्रारम्भ हो जाता है जिससे वह संतृप्त रुद्धोष्म ह्रास दर (saturated adiabatic lapse rate) की गति से शीतल होने लगती है। अर्थात् 5.4° फा० प्रति हजार फुट के स्थान पर 2.7° फा० प्रति हजार फुट की दर से शीतल होती है। इस प्रकार प्रारम्भ में वायु-राशि यद्यपि भौतिक रीति (mechanical) से ऊपर उठती है, किन्तु ठण्डे होने की शीतल गति के कारण वायु-राशि अपने समीप की हवा की अपेक्षाकृत उष्ण बनी रहती है। परिणामस्वरूप वायु-राशि अपने ही गुण से ऊपर उठती जायगी। वायु की इस अवस्था को प्रतिबन्धी अस्थिरता (conditional instability) कहा जाता है। वायु में प्रचुर मात्रा में वाष्प की उपस्थिति इसकी अस्थिरता के लिए आवश्यक शर्त है। जहाँ कहीं वायु के ताप परिवर्तन की सामान्य गति शुष्क रुद्धोष्म एव संतृप्त रुद्धोष्म ह्रास दर के बीच होती है, वही इस प्रकार की अवस्था उत्पन्न हो जाती है। ऐसी अवस्था में सामान्यतः भीषण तूफानों और भारी वर्षा का जन्म होता है।

यदि कोई शुष्क वायु-राशि पवन के रूप में ऊपर उठ रही है और उसकी ताप परिवर्तन (lapse rate) की गति अपने आसपास की हवा से अधिक है और वह ओस बिन्दु को प्राप्त नहीं करती है तो समयान्तर में वह आसपास की हवा से अधिक शीतल हो जायगी। ज्योंही उसकी भौतिक शक्ति (mechanical force) समाप्त हो जायगी, वह अपनी समीपवर्ती हवा से अधिक शीतल और भारी होने से पुनः नीचे चली आयेगी। वायु की इस अवस्था को स्थिर सन्तुलन (stable equilibrium) कहते हैं।

वायुमण्डल के सन्तुलन की विभिन्न अवस्थाएँ अग्र पृष्ठ पर दी तालिका में बतायी गयी है।¹

मेघ अथवा बादल (Clouds)

जब उष्ण वायु किसी प्रकार ठण्डी हो जाती है तो उसमें आर्द्रता को धारण करने की शक्ति घट जाती है। इसलिए वायुमण्डल में ऊपर उठती हुई हवा का तापमान जब ओस बिन्दु के नीचे गिर जाता है तो शीतलता के कारण जलवाष्प अत्यन्त सूक्ष्म जलसीकरों और हिमसीकरों में बदल

1 F. J. Monkhouse : *Ibid*, p. 373

जाती है। ये जल-कण वायु में भाप ही की तरह निलम्बित रहकर कुहरे का रूप धारण कर लेते हैं। इनके समूह का विस्तार और गहराई दोनों अधिक होने पर ये घने होकर जिस रूप में हमें दिखाई देते हैं, उसे हम 'मेघ' अथवा 'बादल' कहते हैं। समुद्र में, धरातल से कुछ ऊँचाई पर लटकती हुई जलवाष्प की द्रवीभूत राशि ही मेघ कहलाती है।

(तापमान फारेनहाइट में)

फुट	उदासीन सन्तुलन		स्थिर सन्तुलन		अस्थिर सन्तुलन		प्रतिबन्धी अस्थिरता	
	क	ख	क	ख	क	ख	क	ख
4000	38.4	38.4	46.8	38.4	46.8	49.2	44.0	46.5
3000	43.8	43.8	50.1	43.8	50.1	51.9	48.0	49.2
2000	49.2	49.2	53.4	49.2	53.4	54.6	52.0	51.9
1000	54.6	54.6	56.7	54.6	56.7	57.3	56.0	54.6
समुद्र-तल	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
ताप परिवर्तन की दर प्रति 1000 फुट	5.4	5.4	3.3	5.4	3.3	2.7	4.0	1000 फुट तक 5.4° फा० बाद में 2.7° फा०

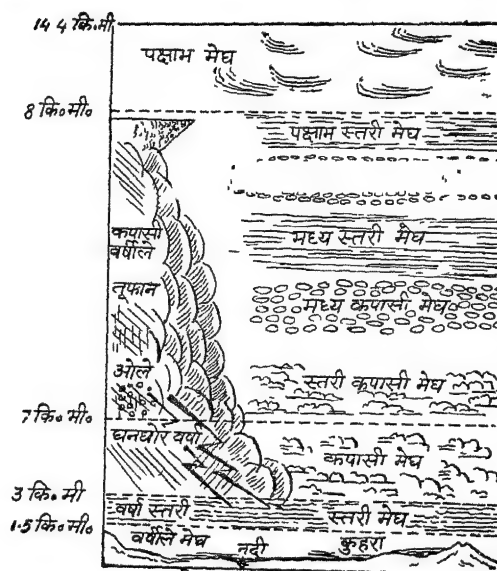
क=आसपास की हवा का तापमान

ख=उदग्र वायु-राशि का तापमान

बादल वास्तव में धूल-कणों पर रुके जल-बिन्दुओं या हिम-कणों का समूह-मात्र होते हैं।

इन बादलों की ऊँचाई अक्षांश के अनुसार भिन्न होती है। उष्ण कटिबन्ध में बादल अधिक ऊँचाई पर बनते हैं, परन्तु शीत कटिबन्ध में कम ऊँचाई पर ही द्रवीभवन होने लगता है और कम ऊँचाई पर ही बादल बन जाते हैं। शीतोष्ण कटिबन्ध में 8000 फुट की ऊँचाई पर पाये जाने वाले बादलों को 'निम्न मेघ' कहते हैं। 'मध्यम मेघ' 8000 से 15,000 फुट की ऊँचाई पर मिलते हैं और 15,000 फुट से अधिक ऊँचाई पर बनने वाले बादल 'उच्च मेघ' कहलाते हैं। उष्ण कटिबन्ध में निम्न, मध्यम और उच्च मेघों की ऊँचाई क्रमशः 10,000 फुट, 25,000 फुट और 35,000 फुट तक होती है।

धरातल से बादल अनेक रूपों में दिखाई पड़ते हैं। प्रकाश के सीधे या आड़े-तिरछे पड़ने तथा धूप-छाँह के तारतम्य से इनमें तरह-तरह के रूप बन जाते हैं। ये अपनी ऊँचाई, फैलाव, घनत्व तथा पारदर्शकता के



चित्र 117—विभिन्न प्रकार के बादल और उनकी ऊँचाई

अनुसार भी भिन्न-भिन्न रूप धारण कर लेते हैं। अतः बादलों के नाम भी भिन्न-भिन्न तरह के रखे गये हैं। साधारणतया बादलों को उनकी ऊँचाई और रूप के आधार पर चार भागों में बाँटा गया है

- (1) पक्षाभ मेघ (Cirrus Clouds),
- (2) कपासी मेघ (Cumulus Clouds),
- (3) स्तरी मेघ (Stratus Clouds),
- (4) वर्षी मेघ (Nimbus Clouds)।

अंतरराष्ट्रीय ऋतु-विज्ञान परिषद् (International Meteorological Congress) ने मेघों का निम्न वर्गीकरण दिया है

(1) **पक्षाभ मेघ (Cirrus)**—पक्षाभ मेघ आकाश में सबसे अधिक ऊँचाई पर पाये जाते हैं। ऐसे मेघ कोमल और कम घने होते हैं। ये सफेद रेशम की तरह होते हैं। इनमें हिम के छोटे-छोटे कण पाये जाते हैं, जिनमें से होकर सूर्य और चन्द्रमा की किरणें चमकती हैं। दिन में इसीलिए ये सफेद परो के समान होते हैं। परन्तु सूर्यास्त के समय चमकदार रंग के बन जाते हैं। इनके रूप के अनुसार इनका नाम भी 'घोड़े की पूँछ' (horse's tail) रखा गया है। इन मेघों की आकृति बड़ी ही अनिश्चित होती है। कभी-कभी चक्रवात के अग्रभाग में ये बादल इतने अधिक हो जाते हैं कि मारे आसमान पर वे एक चादर के समान फैल जाते हैं और आकाश का रंग दूधिया हो जाता है। ऐसे समय सूर्य व चन्द्रमा के चारों ओर एक प्रकाश-वृत्त बन जाता है। कभी-कभी ये बादल घुँघराले बालों की तरह दिखाई पड़ते हैं और कभी पतली महीन जानी की भाँति। आकाश में अधिक समय तक ऐसे बादलों के छाये रहने पर खराब मौसम की चेतावनी समझनी चाहिए।

(2) **पक्षाभ-स्तरी मेघ (Cirro-Stratus)**—जब पक्षाभ मेघ चिड़िया के पंख के समान न रहकर एक चादर की तरह सम्पूर्ण आकाश में फैल जाते हैं तो उन्हें पक्षाभ-स्तरी (cirro-stratus) मेघ कहा जाता है। साधारणतः ये पतले स्तर के श्वेत बादल होते हैं। इन बादलों के दूर फैल जाने पर आकाश का रंग दूधिया (milky) हो जाना है। कभी-कभी ये उलझे हुए जाले (web) से प्रतीत होते हैं। इन बादलों से सूर्य और चन्द्रमा का प्रकाश कम तो नहीं होता परन्तु उनके चारों ओर प्रभामण्डल (haloes) जरूर बन जाते हैं। प्रायः ये मेघ 23,000 फुट से 33,000 फुट की ऊँचाई तक पाये जाते हैं।

(3) **पक्षाभ-कपासी मेघ (Cirro-Cumulus)**—ये भी अधिक ऊँचाई पर पाये जाने वाले मेघ हैं और पक्षाभ तथा वर्षी मेघों के मिलने पर बनते हैं। साधारणतः ये 23,000 से 33,000 फुट की ऊँचाई पर मिलते हैं। इनका रूप कभी-कभी तो गोलाकार धब्बों की तरह और कभी समुद्रतट की बालू पर पड़ी लहरों की तरह होता है। दोनों ही अवस्थाओं में ये पंक्तियों अथवा समूह में पाये जाते हैं।

(4) **उच्च-कपासी मेघ (Alto-Cumulus)**—ये मध्यवर्ती मेघों के ही एक प्रकार हैं। ये मेघ पतले गोलाकार धब्बों की तरह दिखाई देते हैं। ये बादल श्वेत और भूरे रंग के अशतः छायादार होते हैं। कभी-कभी ये बादल आपस में गुँथे रहते हैं जिससे इनके किनारे स्पष्ट दिखाई नहीं देते और पूरे आसमान पर एक हल्की महीन चादर-सी फैली दिखाई देने लगती है। कभी इनका रूप सामूहिक हो जाता है, कभी इनकी पक्व बन जाती है और कभी ये लहर से फैले दिखाई पड़ते हैं। साधारणतया ये मेघ 10,000 से 25,000 फुट की ऊँचाई तक पाये जाते हैं।

(5) **उच्च-स्तरी मेघ (Alto-Stratus)**—ये भूरे अथवा नीले रंग के छोटे स्तरों के बादल होते हैं। ये लगातार चादर की तरह फैले नजर आते हैं। कभी यह चादर इतनी पतली होती है

कि पीछे का आसमानी रंग साफ नजर आता है पर कभी-कभी यह चादर इतनी घनी होती है कि सूर्य और चन्द्रमा का प्रकाश तक नहीं मिल पाता। सामान्यतः जब ये बादल आकाश में छाये रहते हैं तो सूर्य व चन्द्रमा का प्रकाश धुंधला व अस्पष्ट दिखाई देता है। किन्तु इनसे सूर्य और चन्द्रमा के चारों ओर प्रभामण्डल नहीं बनता। प्रायः इस प्रकार के सघन बादलों से लगातार वर्षा भी होती है। ये 10,000 से 20,000 फुट की ऊँचाई तक पाये जाते हैं।

(6) **स्तर-कपासी मेघ (Strato-Cumulus)**—ये एक प्रकार के निम्न मेघ होते हैं जो 10,000 फुट की ऊँचाई तक पाये जाते हैं। इनका आकार एक परत की तरह होता है जिसमें बादल गोलाकार या लहरों की तरह बने रहते हैं। ये बादल कुछ काले रंग के होते हैं। जाड़ों में ये बादल सम्पूर्ण आकाश को ढक लेते हैं।

(7) **वर्षी मेघ (Nimbus)**—ये बादल काले और घने पिण्ड के समान होते हैं जो धरातल से एक मील की ऊँचाई तक बनते हैं। ये इतने नीचे होते हैं कि कभी-कभी धरती को छूने नजर आते हैं। ये कूज रूप से छाये हुए रहते हैं और इनका आकार कोई विशिष्ट नहीं होता। इनके किनारे आपस में मिले रहते हैं। ये प्रायः इतने सघन होते हैं कि सूर्य की किरणें इनमें प्रवेश कर धरती पर नहीं आ सकती। अतः इन बादलों के छाये रहने पर अन्धकार-सा छा जाता है और वायुमण्डल नम हो जाता है। इनसे बड़ी शीघ्र वर्षा होती है।

(8) **कपासी-मेघ (Cumulus)**—बहुत अधिक घने और काफी ऊँचे लम्ब-रूप स्तम्भ की भाँति बने बादल कपासी-मेघ कहलाते हैं। इनका आधार तो समतल होता है परन्तु शीर्ष हवा की ऊपरी उठती हुई धाराओं के धक्कों से गुम्बदाकार या गोभी के फूल की तरह बन जाता है। इनकी मोटाई प्रायः एक मील तक होती है। इनके ऊपरी शिखर और भी ऊँचे होते हैं। कभी-कभी वे भी तीन मील की ऊँचाई पर स्थित रहते हैं। कभी-कभी इनसे गरजने वाले बादल भी बन जाते हैं। ये प्रायः दो प्रकार के होते हैं। एक तो वे कपासी-मेघ जो साफ मौसम में दिखाई पड़ते हैं। इनका रूप छोटा, श्वेत और रुई की तरह होता है। दूसरे प्रकार के मेघ भारी कपासी होते हैं। इनका रूप गहरा और घना होता है और रंग में ये काले होते हैं।

(9) **कपासी-वर्षी मेघ (Cumulo-Nimbus)**—कपासी-वर्षी मेघ अति गहरे काले रंग वाले भारी बादल होते हैं। इन्हें गर्जन मेघ (thunder clouds) भी कहते हैं। ये नीचे से ऊपर को विशाल मीनार की तरह उठे रहते हैं। इनका विस्तार बहुत अधिक होता है। इसलिए इनकी आकृति कभी-कभी पहाड़ों के सदृश लगती है। इनके आधार और शीर्ष में 15,000 फुट या उससे भी अधिक का अन्तर पाया जाता है। इनके ऊपरी सिरे पर रेशेदार कई परतें बन जाते हैं जिन्हें हम 'मिथ्या पक्षाम मेघ' (false cirrus) कह सकते हैं। इनके आधार के नीचे कटे-फटे बादल पैदल तैरते रहते हैं जो वर्षी मेघों से मिलते-जुलते होते हैं। इन बादलों से बहुधा भारी वर्षा या ओले बरसते हैं। इनके सम्बन्ध में अंग्रेजी की निम्न कहावत प्रसिद्ध है :

"A round topped cloud with flattened base, carries rainfall in its face."

(10) **स्तर मेघ (Stratus)**—ये एक प्रकार के निम्न मेघ हैं जो धरती से 1 या 2 मील की ऊँचाई पर बनते हैं। जैसा कि इनके नाम से प्रकट है, इन मेघों में कई परतें होती हैं। इनकी संरचना सब जगह एकसी रहती है। ये अपने रूप में ऐसे लगते हैं जैसे कुहरा भूमि से ऊपर उठ गया हो। परन्तु ये आकाश में पूरी तरह छा जाते हैं। ऐसे बादल शीतोष्ण कटिबन्ध में प्रायः जाड़े की ऋतु में अधिक बनते हैं। ये मेघ बहुधा स्थानीय होते हैं और इनके खण्डित होते ही नीला आकाश दिखाई पड़ने लगता है। इनका निर्माण दो भिन्न प्रकार की हवाओं के मिलने से होता है।

हमारे देश में बादलों के उपरोक्त वर्गीकरण के विपरीत भिन्न वर्गीकरण अपनाया गया है। यहाँ बादलों को कुल (family) और जाति (genera) के आधार पर विभाजित किया जाता है। भारतीय ऋतु-विभाग (Indian Meteorological Deptt) ने कुलों और जातियों के आधार पर बादलों का निम्न वर्गीकरण किया है¹ :

कुल 'क' ऊँचे मेघ		
औसत ऊपरी तल	(Mean upper level)	12 किलोमीटर
औसत निचला तल	(Mean lower level)	7 किलोमीटर
(1) जाति—पक्षाभ-मेघ	(Cirrus)	
(2) जाति—पक्षाभ-स्तरी	(Cirro-stratus)	
(3) जाति—पक्षाभ-कपासी	(Cirro-cumulus)	
कुल 'ख' मध्यवर्ती मेघ		
औसत ऊपरी तल	(Mean upper level)	7 किलोमीटर
औसत निचला तल	(Mean lower level)	3 किलोमीटर
(4) जाति—उच्च-कपासी	(Alto-cumulus)	
(5) जाति—उच्च-स्तरी	(Alto-stratus)	
कुल 'ग' निम्न मेघ		
औसत ऊपरी तल	(Mean upper level)	4 किलोमीटर
औसत निचला तल	(Mean lower level)	धरातल के समीप
(6) जाति—स्तरी-कपासी	(Strato-cumulus)	
(7) जाति—स्तरी	(Stratus)	
(8) जाति—वर्षी-स्तरी	(Nimbo-stratus)	
कुल 'घ' लम्बवत विकास के बादल (Clouds with vertical development)		
औसत ऊपरी तल	(Mean upper level)	
परिवर्तनशील		
		कपासी-वर्षी में 10, 12 किलो- मीटर तक
औसत निचला तल	(Mean lower level)	0.5 किलोमीटर
(9) जाति—कपासी	(Cumulus)	
(10) जाति—कपासी-वर्षी	(Cumulo nimbus)	

मेघाच्छन्नता

(Cloudiness)

आकाश में मेघों की दशा को मेघाच्छन्नता कहते हैं। ऋतुविज्ञान की भाषा में मेघाच्छन्नता से आशय यह है कि आकाश का कितना भाग बादलों से घिरा हुआ है। इसका अनुमान केवल देखकर ही लगाया जाता है। आकाश की मेघाच्छन्नता को दशमलव अंश द्वारा व्यक्त करते हैं। इस आधार पर 0 से मेघरहित आकाश का बोध होता है और 10/10 से पूर्णतया मेघाच्छन्न आकाश का। मानचित्रों में मेघाच्छन्नता अग्रलिखित अनुसार बतायी जाती है :

¹ Cloud Atlas, Second Edition, 1937

(1) जब आकाश का 1/10 भाग से भी कम भाग बादलों से ढका होता है तो उस अवस्था को स्वच्छ (clear) कहा जाता है।

(2) जब आकाश के 1/10 से 5/10 भाग में बादल छाये रहते हैं तो कहा जाता है कि बादल छितराये हुए (scattered clouds) हैं।

(3) जब आकाश के 9/10 भाग से कम किन्तु 5/10 भाग से अधिक में बादल छाये रहते हैं तो ऐसी अवस्था को टूटे हुए रूप में बादलों का छाया जाना (broken clouds) कहते हैं।

(4) जब आकाश के 9/10 से अधिक भाग में बादल छाये रहते हैं तो उस अवस्था को मेघाच्छन्न (overcast) कहते हैं।

आकाश की मेघाच्छन्नता का हमारे लिए बड़ा महत्व है, क्योंकि मेघ ही धरातल पर वर्षा करते हैं। आकाश में जब बादल अधिक घिरे होते हैं तो वर्षा अधिक होती है और बादलों के अभाव में कोई वर्षा नहीं होती। पृथ्वी पर सभी स्थानों और सब मौसम में एकसे बादल नहीं घिरे रहते। बादलों का बहुत अधिक सम्बन्ध तापमान से है। इसलिए मेघाच्छन्नता का वितरण भी अक्षांश के समान्तर रहता है। सबसे अधिक मेघाच्छन्न आकाश भूमध्यरेखीय प्रदेशों में रहता है। ज्यो-ज्यो हम भूमध्य रेखा के उत्तर और दक्षिण को हटते जाते हैं मेघाच्छन्नता कम होती जाती है। अयनवृत्तीय उच्च वायुदाब— 15° से 35° अक्षांशों के बीच कर्क और मकर रेखाओं के प्रदेश—और ध्रुवीय उच्च वायुदाब के प्रदेशों में मेघाच्छन्नता सबसे कम रहती है, क्योंकि यहाँ हवाएँ बराबर नीचे उतरा करती हैं। इसके विपरीत अयन सीमाओं और ध्रुवीय वृत्तों के बीच के प्रदेशों में मेघाच्छन्नता अधिक रहती है। सन्मार्गी हवाओं के मार्ग में पश्चिम की ओर मरुस्थलों के पड़ोस में आकाश निर्मल रहता है परन्तु पूर्व की ओर बादल हो जाया करते हैं। शीतोष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों में मेघाच्छन्नता (1) समुद्री भागों की अपेक्षा स्थलीय भागों में अधिक रहती है, (2) बाह्य चक्रवात की अपेक्षा आन्तरिक चक्रवात से ज्यादा रहती है, और (3) पर्वतों के पवन विमुख भागों की अपेक्षा पवनाभिमुख ढालों पर अधिक होती है। आकाश में कहीं गर्मी में अधिक मेघाच्छन्नता रहती है और कहीं जाड़ों में। कुछ भागों में सबेरे के समय बादल घिर जाते हैं और धूप तेज होने पर पुनः लुप्त हो जाते हैं। कभी-कभी प्रातःकाल आकाश निर्मल रहता है परन्तु दोपहर के समय समुद्री हवाएँ बादल ले आती हैं। उष्ण भागों में मध्याह्न सदा मेघाच्छन्न रहता है। बादलों की औसत अवधि दैनिक, मासिक या वार्षिक हो सकती है।

पृथ्वी के धरातल के ऊपर मेघाच्छन्नता का वार्षिक औसत प्रतिशत नीचे की तालिका में दिया गया है :

मेघाच्छन्नता का वार्षिक औसत प्रतिशत¹

अक्षांश	$90^\circ-80^\circ$	$80^\circ-70^\circ$	$70^\circ-60^\circ$	$60^\circ-50^\circ$	$50^\circ-40^\circ$	$40^\circ-30^\circ$	$30^\circ-20^\circ$	$20^\circ-10^\circ$	$10^\circ-0^\circ$
उत्तरी गोलार्द्ध									
समुद्र	63	70	72	67	66	52	49	53	53
भूमि	—	63	62	60	50	40	34	40	52
औसत	—	66	63	62	56	45	41	47	53
दक्षिणी गोलार्द्ध									
समुद्र	—	64	76	72	67	57	53	49	50
भूमि	—	—	—	70	58	48	38	46	56
औसत	—	—	—	72	66	54	48	48	52

¹ Haurwitz and Austin : *Climatology*, p. 93

11

वर्षा और अवक्षेपण

(RAINFALL AND PRECIPITATION)

हवा में थोड़ी बहुत वाष्प हमेशा मिली रहती है। जब यह वाष्प बूंदों के रूप में धरातल पर गिरनी है तो उसे वर्षा कहते हैं। वाष्प के जल रूप में धरातल पर गिरने के पूर्व कई परिवर्तन आवश्यक होते हैं। जैसे हवा का ठण्डा होना और ओस बिन्दु पर पहुँचना तथा बादल बनना और जल-कणों के समूह का बड़ी-बड़ी बूंदों का रूप ग्रहण करना। बड़ी-बड़ी बूंदों का रूप ग्रहण करने के उपरान्त ही जलवाष्प वर्षा के रूप में भूमि पर गिरती है।

वर्षा की रचना

(Formation of Rain)

वायुमण्डल में ऊपर उठती हुई हवा का तापमान जब ओस बिन्दु से भी नीचे चला जाता है तो वाष्प जल-कणों में परिवर्तित होकर बादलों का रूप ले लेती है। परन्तु बादल बनने से ही वर्षा नहीं होती। बादल छोटे-छोटे जल-कणों अथवा हिम-कणों के समूह-मात्र होते हैं। जब संघनन प्रारम्भ होता है तो जलवाष्प असंख्य छोटे-छोटे धूल-कणों और आर्द्रताग्राही केन्द्रों (Hygroscopic nuclei) के आधार पर ही जलसीकरो में बदलती है। ये जलसीकर इतने सूक्ष्म आकार के होते हैं कि वर्षा के रूप में धरातल पर गिरने में असमर्थ रहते हैं। जब तक ये जलसीकर स्थूल रूप नहीं ले लेते, हवा में ही तैरते रहते हैं। ऐसी अवस्था में बादल स्थिर (stable) रहता है और कोई वर्षा नहीं करता। किन्तु जब जलसीकर स्थूल रूप लेकर इतने बड़े हो जाते हैं कि उनका ऊपर बने रहना असंभव हो जाता है तो बादल अस्थिर हो उठता है और वर्षा कर देता है।

हवा में सदा ही असंख्य धूल-कण रहते हैं। प्रति घन सेण्टीमीटर हवा में हजारों आर्द्रताग्राही केन्द्रक वस्तुएँ देखी जा सकती हैं। अतः पहले पहल बादल बनने वाले जल-कण लगभग $\frac{1}{100}$ मिलीमीटर व्यास वाले होते हैं। ऐसे सूक्ष्म जल-कणों को ऊपर उठती हुई हल्की हवा भी उनको नीचे गिरने से रोके रहती है। यदि वे किसी प्रकार नीचे गिर भी जाते हैं तो भूमि पर गिरने के पूर्व वे मार्ग में ही उष्ण हवा के प्रभाव से पुनः वाष्प रूप में बदल जाते हैं। यही कारण है कि कभी-कभी आकाश धूरे बादलों से आच्छादित होने पर भी वर्षा नहीं करता। वर्षा के लिए यह आवश्यक है कि बादलों के जल-कण बहुत बड़े आकार के हों। इन जल-कणों का आकार तब बढ़ता है जब हवा ओस बिन्दु से भी अधिक ऊँचाई पर जाकर ठण्डी होती है। इस प्रकार जल-कणों का आकार ऊँचाई पर $\frac{1}{10}$ मिलीमीटर हो जाता है जो अच्छी गति से नीचे गिरने लगते हैं। जल-कणों का आकार हवा में उथल-पुथल होने पर भिन्न तापमान वाले जल-कणों के मिलने पर भी बढ़ जाता है। कभी-कभी बादलों में विद्युत संचार होने से भी जल-कण बड़े हो जाते हैं। जब बादलों का रूप घना हो जाता है और अधिक मोटाई लिए आकाश में छाये रहते हैं

तो ऊपर से गिरने वाली बूंद मार्ग में अन्य बूंदों से टकराने और सम्पर्क में आने से अधिक टण्डी हो जाती है और उसका आकार बढ़ जाता है।

ब्रक्स का कहना है कि वर्षा की एक बूंद में लगभग 80,00,000 जल-कण विद्यमान रहते हैं और वह दो सौ गुना अधिक तेजी से गिरती है। वर्षा की बूंद अधिक से अधिक अपने आकार में $\frac{1}{8}$ इंच तक बढ़ सकती है। इस आकार में बूंद 18 मील प्रति घण्टे के हिसाब से नीचे गिरती है। इस आकार और गति के बाद बूंद टूटने लग जाती है। जब हवा धीमे-धीमे ऊपर उठती है तो सघनन भी धीरे-धीरे होता है। ऐसी दशा में छोटी बूंदें भी भूमि पर गिरने में समर्थ होती हैं। किन्तु जब तेजी से हवा ऊपर उठती है तो सघनन भी तेजी से होता है और हवाएँ बड़ी बूंदों को भी ऊपर उठाये रखने में समर्थ होती हैं। ऐसी अवस्था में वर्षा की बूंदें प्रायः अपने व्यास में $\frac{1}{8}$ इंच होती हैं। जब हवा स्थिर रहती है तो ये बूंदें 10 फुट प्रति सैकण्ड की गति से भी अधिक तेज गिरती हैं।

मेघ कणों के वर्षा की बूंदों के रूप में विकसित होने के सम्बन्ध में दो सिद्धान्त उल्लेखनीय हैं :

(1) **बर्जरान का मेघ अस्थिरता सिद्धान्त**—बर्जरान फिण्डीसेन ने सन् 1933 में इस सिद्धान्त को प्रतिपादित किया जो अभी भी मान्य है। अस्थिर मेघ में 10° से 41° से० तक अति शीतल जल-कण तथा हिम-कण दोनों साथ-साथ पाये जाते हैं। अति शीतल जल-कणों के ऊपर सतृप्त वाष्प दाब, हिम-कणों के ऊपर के सतृप्त वाष्प दाब से अधिक होता है। फलस्वरूप हिम-कणों के आसपास संतृप्त अवस्था पहले ही स्थापित हो जाती है जबकि जल का वाष्पीकरण होता रहता है। यह वाष्पीकरण हिम-कणों पर अति सतृप्तता की स्थिति उत्पन्न कर देता है जिससे वाष्प उर्ध्वपात द्वारा हिमकणों पर सघनित होता रहता है। इससे हिमकणों की वृद्धि होती रहती है। सामान्यतः 0° से 5° से० तापमान हिमकणों की वृद्धि के लिए आदर्श होता है। जब हिम-कण अपेक्षित आकार ग्रहण कर लेते हैं तो वे नीचे गिरने लगते हैं। मार्ग में आने वाले हिमकणों के सघटन से इनके आकार में और वृद्धि होती जाती है। जब ये हिमकण मार्ग में 0° से० से अधिक गर्म वायु की परत से होकर नीचे गिरते हैं तो वे वर्षा की बूंदों में बदल जाते हैं और वर्षा होने लग जाती है, किन्तु यदि तापमान कम हुआ तो ये हिम-कण भूमि पर तुषार के रूप में पहुँचते हैं।

यद्यपि यह सिद्धान्त पर्याप्त तर्कसम्मत और वैज्ञानिक है फिर भी यह केवल उच्च अक्षांशों में होने वाली वर्षा की व्याख्या प्रस्तुत करता है। उष्ण कटिबन्धों, महासागरों के ऊपर कपासी मेघों द्वारा होने वाली वर्षा का स्पष्टीकरण इस सिद्धान्त के द्वारा नहीं किया जा सकता।

(2) **संघटन सिद्धान्त**—उष्ण कटिबन्धों में कपासी वर्षा मेघों के अतिरिक्त वर्षा करने वाले सभी मेघ सामान्यतः हिमांक स्तर से बहुत नीचे ही रह जाते हैं और पूर्णतः जलकणों से बने होते हैं। इन मेघों से होने वाली वर्षा की व्याख्या इसी सिद्धान्त में होती है।

इस सिद्धान्त में यह कल्पना की गयी है कि बूंदों का निर्माण तथा उनका विस्तार संघटन (Collision), समाचयन (Coalescence) तथा समेटन (Sweeping) द्वारा होता है। प्रारम्भ में विद्वानों ने यह बताया कि वायुमण्डलीय विक्षोभ (Turbulence) के कारण मेघ-कण आपस में टकराते हैं जिससे वे संचयित होकर आकार में बड़े हो जाते हैं। काफी बड़े हो जाने पर वायु प्रतिरोध के कारण ये कई छोटे कणों में टूट कर बिखर जाते हैं। ये छोटे जल कण ऊर्ध्वधाराओं द्वारा पुनः ऊपर उठने लगते हैं। आरोही गति में ये कण अन्य कणों के समाचयन द्वारा बड़े होते जाते हैं तथा एक सीमा के बाद पुनः अपने भार से नीचे गिरने लगते हैं तथा उपरोक्त प्रक्रम को

दोहराते हैं। इस प्रकार केवल कुछ बड़ी बूंदें शृंखला प्रक्रम द्वारा असंख्य बड़ी बूंदें उत्पन्न कर देती हैं जिससे वर्षा प्रारम्भ हो जाती है।

स्पष्ट है कि इन प्रक्रमों के लिए तीव्र ऊर्ध्व धाराएँ होनी आवश्यक हैं। ऐसी अवस्था अस्थायी वायुमण्डल में पायी जाती है।

वर्षा

(Precipitation)

वर्षा के लिए बादल का बनना जरूरी है। वायुमण्डल में बादल तभी बनते हैं जब हवा पर्याप्त रूप से ठण्डी हो जाय। अतः हवा किस प्रकार ऊपर उठती है और ठण्डी होती है यह जानना आवश्यक है। हवा निम्न अवस्थाओं में ठण्डी हो सकती है :

(1) धरातल पर असाधारण ताप के कारण हवा गरम होकर तरंगों के रूप में ऊपर उठती है और फैलती है। बहुत अधिक ऊँचाई पर पहुँचने पर हवा ठण्डी हो जाती है। विषुवतरेखीय भागों में हवा इसी प्रकार शीतल होती है।

(2) चक्रवात में पड़ी हुई गरम हवा ठण्डी हवा के ऊपर चढ़ती है तो ठण्डी हो जाती है।

(3) भिन्न तापमान वाली वायु-राशियाँ जब आपस में मिलती हैं तो ठण्डी हो जाती है। गरम अक्षांशों से ठण्डे अक्षांशों की ओर चलने वाली हवाएँ इसी प्रकार ठण्डी होती हैं। पछुवा हवाएँ इसका स्पष्ट उदाहरण हैं।

(4) हवा के मार्ग में यदि कोई पर्वत आ जाता है तो बाध्य होकर उसे चढ़ना पड़ता है जिससे हवा ठण्डी हो जाती है।

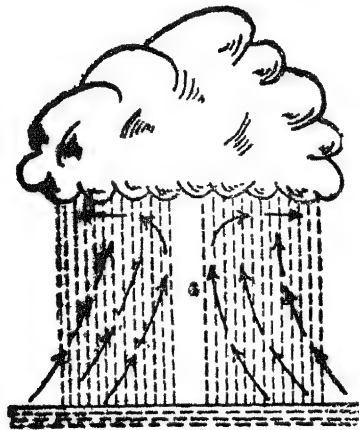
वर्षा के भेद

(Types of Rain)

वर्षा मुख्यतः तीन प्रकार की होती है :

- (1) संनयनीय वर्षा,
- (2) पर्वतीय वर्षा,
- (3) चक्रवातीय वर्षा।

(1) **संनयनीय वर्षा (Convective Rainfall)**—धरातल के असाधारण रूप से गरम हो जाने पर धरातल से लगी हुई हवा गरम हो उठती है। गरम होकर हवा फैलती है और आसपास की ठण्डी तथा भारी हवा उसे ऊपर उठने को बाध्य कर देती है। साधारणतः यह हवा उसी सीमा तक ऊपर उठती है जहाँ तक कि इसका तापमान ऊपर उठने के कारण कम होकर आसपास की हवा के तापमान के अनुरूप नहीं हो जाता। जब यह अपने तापमान और घनत्व वाली आयु के पास पहुँच जाती है तो यह अधिक ऊँची नहीं उठती। किन्तु यदि वायु के इस सीमा के पहुँचने के पूर्व ही संघनन प्रारम्भ हो जाता है तो संघनन के कारण छोड़े गये गुप्त-ताप (latent heat) के द्वारा हवा पुनः गरम हो उठती है और बहुत अधिक ऊँचाई तक ऊपर पहुँच जाती है। इस प्रकार ग्रीष्मकालीन दोपहर में जब धरातल भीषण गर्मी से उत्पन्न हो जाता है तो वायुमण्डल में बड़ी मात्रा में संनयन धाराएँ उठने लगती हैं। ऊपर उठकर हवा ठण्डी होती है और उसमें संघनन प्रारम्भ हो जाता है जिससे आकाश गहरे



चित्र 118—संनयनी वर्षा

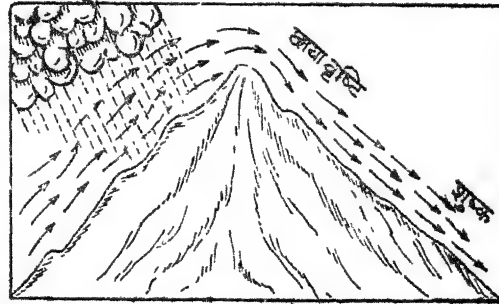
है। ऊपर उठकर हवा ठण्डी होती है और उसमें संघनन प्रारम्भ हो जाता है जिससे आकाश गहरे

कपासी-वर्षी मेघों (cumulonimbus clouds) से घिर जाता है और फिर घनघोर वर्षा होती है। कभी-कभी ये बादल 10 हजार फुट की ऊँचाई तक आकाश में पाये जाते हैं। संनयनीय वर्षा का सम्बन्ध सदा ग्रीष्म ऋतु और दिन के उष्णतम समय (warm hours) से है।¹ इस कारण संनयनीय वर्षा उष्ण तथा शीतोष्ण खण्डों के भीतरी भागों में केवल ग्रीष्मऋतु में ही होती है। ग्रीष्म में होने वाली सभी वर्षा में कुछ अंश संनयनीय वर्षा का अवश्य रहता है।

चूँकि उष्ण और आर्द्र हवा संनयनीय तरंगों के रूप में ऊपर उठती है अतः शीघ्र ठण्डी हो जाती है और उससे जो वर्षा होती है, वह भारी बौछार के रूप में होती है। किन्तु यह वर्षा अधिक समय तक नहीं ठहरती। धरातल पर जोर से गिरने के कारण यह वर्षा फसलों के लिए बड़ी हानिकारक सिद्ध होती है। वर्षा का अधिकतर जल भूमि में प्रवेश करने की अपेक्षा धरातल पर बह जाता है। जोते हुए खेतों के लिए तो यह कालम्बरूप ही सिद्ध होती है; क्योंकि इससे खेतों की उपजाऊ मिट्टी बहकर नष्ट हो जाती है। विपुवतरेखीय भागों में कई जगह इसी प्रकार भूमि का अपरदन (soil erosion) होता है। इसके विपरीत, मध्य और उच्च अक्षांशों में जहाँ ग्रीष्म-ऋतु में फसले उगती हुई होती है वहाँ संनयनीय वर्षा बड़ी लाभप्रद सिद्ध होती है।

(2) **पर्वतीय वर्षा (Orographic Rainfall)**—उष्ण और आर्द्र हवा के मार्ग में जब कोई पर्वत, पठार अथवा ऊँची पहाड़ी श्रेणी अवरोधस्वरूप आ जाती है तो हवा को बाध्य होकर ऊपर चढ़ना पड़ता है। ऊपर चढ़ने पर वह ठण्डी हो जाती है और वर्षा कर देती है। इस प्रकार की वर्षा को ही पर्वतीय वर्षा कहा जाता है।

पर्वतीय वर्षा उस स्थान पर अधिक होती है जो हवाओं के सामने पड़ता है। जो स्थान आने वाली हवाओं के विपरीत होता है वह बहुत कम वर्षा प्राप्त करता है। यही कारण है कि पर्वतों के पवनाभिमुख (windward) ढालों पर खूब वर्षा होती है। जब हवाएँ पर्वतों के दूसरी ओर नीचे उतरती हैं तो वे केवल शुष्क ही नहीं होतीं परन्तु अधिक दबाव के कारण गरम भी हो जाती हैं जिससे वर्षा करने के स्थान पर उनकी भाप धारण करने की शक्ति बढ जाती है। अतः पर्वतों के दूसरी ओर पवन-विमुख (leeward) ढाल वर्षा से अछूते रह जाते हैं। यह वर्षाविहीन भाग ही वृष्टि-छाया प्रदेश (Rain Shadow Area) कहलाता है। पश्चिमी घाट के पहाड़ों के पूर्व की ओर दक्षिण का पठार वृष्टि-छाया प्रदेश का अच्छा उदाहरण है। ऐसे भागों में बहुधा अकाल पड़ा करते हैं।



चित्र 119—पर्वतीय वर्षा

जहाँ कहीं ऊँचे पहाड़ों की शृंखलावद्ध श्रेणियाँ तट के समीप दीवार की भाँति खड़ी हो और उष्ण समुद्रों से आने वाली आर्द्र हवाएँ समकोण बनाती हुई पर्वतों पर मिलती हो तो वह पर्वतीय वर्षा के लिए आदर्श अवस्था होती है। ससार में होने वाली अधिकतर पर्वतीय वर्षा तट के समीप खड़े हुए ऐसे पहाड़ों के सहारे ही होती है, जैसे—ब्राजील के पूर्वी तट, ब्रिटिश कोलम्बिया के पश्चिमी तट पर, रॉकी पर्वतों पर, पश्चिमी घाट के पहाड़ों पर और बर्मा के अराकान योमा पर। हवा के पर्वतीय चढ़ाव के प्रभाव का अनुभव पर्वत श्रेणियों से कुछ दूरी पर होता है, क्योंकि पर्वत के सामने की स्थिर वायु-राशि रुकावट डालने वाली होती है और भाप से लदी हुई हवाओं को इन बाधक हवाओं के ऊपर होकर जाना पड़ता है।

¹ Trewartha : *Introduction to Weather and Climate*, p. 179

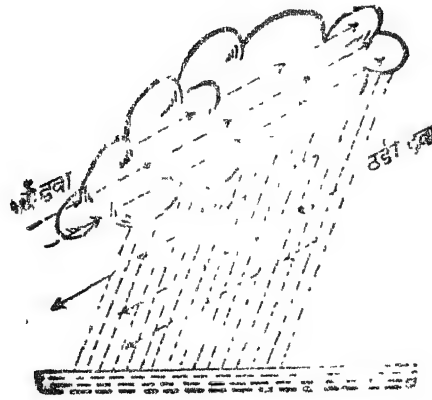
पर्वतों पर ऊँचाई के अनुसार वर्षा की मात्रा बढ़ती जाती है। कभी-कभी ऊँचे पहाड़ों पर पहुँचने के पहले ही वर्षा की मात्रा बढ़ने लगती है। खासी पहाड़ियों से 100 मील दूर ढाका में 78 इंच वर्षा होती है, 60 मील दूर बोगरा में 92 इंच और 30 मील दूर मैमनसिंह में 110 इंच वर्षा होती है। इस प्रकार ऊँचाई के अतिरिक्त समुद्र से दूरी, जल लाने वाली हवाओं का तापमान, ढाल का क्रमिक अथवा सपाट होना और पहाड़ी का टूटा होना आदि कई कारणों का वर्षा पर प्रभाव पड़ता है।¹ शीतोष्ण कटिबन्ध में प्रति 100 फुट की ऊँचाई पर दो प्रतिशत वर्षा बढ़ जाती है। खड़े ढाल होने पर 4 या 5 प्रतिशत वर्षा बढ़ जाती है। उष्ण कटिबन्ध में 100 फुट की ऊँचाई पर यह प्रतिशत और भी अधिक रहता है। ऊँचाई के अनुसार वर्षा के बढ़ने की भी एक सीमा होती है। उसके बाद वर्षा की मात्रा घटने लग जाती है। अन्त में, ऐसी सीमा आ पहुँचती है जहाँ वर्षा का अभाव हो जाता है।

पर्वतीय प्रदेशों में अधिकतम वर्षा का तल भी सब स्थानों पर एक समान ऊँचाई पर नहीं पाया जाता है। भिन्न-भिन्न स्थानों पर इस तल की ऊँचाई भिन्न होती है। उष्ण कटिबन्ध और आर्द्र जलवायु में यह तल कम ऊँचाई पर पाया जाता है। परन्तु शीतोष्ण कटिबन्ध और शुष्क जलवायु में यह तल अधिक ऊँचाई पर मिलता है। इसी प्रकार ग्रीष्म और जाड़े में भी इस तल में परिवर्तन हो जाता है। आल्प्स पहाड़ों में यह तल 7,000 फुट ऊँचाई पर पाया जाता है परन्तु हिमालय पर यह 4,000 फुट ही ऊँचा है। पर्वतीय भागों में अधिकतम वर्षा का यह तल अक्षांश, मौसम और पवनाभिमुख स्थिति पर रहता है।²

पर्वतीय वर्षा का मौसमी या दैनिक समय का निर्धारण कम रहता है। मानसूनी प्रदेशों में स्वभावतः ग्रीष्मकाल में अधिक वर्षा होती है। दूसरे प्रदेशों में पवनप्रवाह की तीव्रता, जिस कोण पर वे पहाड़ों से टकराती हैं तथा जल और स्थल के तापमान का अन्तर ही अधिकतम पर्वतीय वर्षा के मौसम को निर्धारित करते हैं।

पृथ्वी के धरातल पर होने वाली अधिकतर वर्षा पर भू-तल की रचना का प्रभाव ही विशेष देखा जाता है।

(3) चक्रवाती वर्षा (Cyclonic Rainfall)—जिन प्रदेशों में कम दाब वाले चक्रवात चला करते हैं वहाँ विभिन्न दिशाओं से हवाएँ केन्द्र में जमा होती रहती हैं। केन्द्र में जमा होने



चित्र 120—चक्रवाती वर्षा

साथ झुके हुए रूप में ऊपर चढ़ती है। अतः उसके ऊपर उठने की गति धीमी और शीतल होने

वाली हवाएँ भिन्न दिशाओं से आने के कारण अपने तापमान और घनत्व में भिन्न होती हैं। चक्रवात के आन्तरिक भाग में जब भिन्न तापमान वाली हवाएँ आपस में मिलती हैं तो ठण्डी हवाएँ गरम हवाओं को ऊपर की ओर ढकेलती हैं। ऊपर उठने पर गरम हवा ठण्डी हो जाती है और वर्षा कर देती है। इस प्रकार से होने वाली वर्षा को चक्रवाती वर्षा कहा जाता है।

संनयनीय वर्षा में हवा एकदम सीधी ऊपर न उठकर ठण्डी हो जाती है किन्तु चक्रवाती वर्षा में उष्ण हवा एकदम सीधी ऊपर न उठकर

¹ भूगोल : जलवायु विज्ञान अंक, नवम्बर-दिसम्बर, 1950, पृ० 11

² Trewartha : *Introduction to Weather and Climate*, p. 181

की क्रिया मन्द होती है। चक्रवाती हवाओं के धीमी गति से ऊपर उठने और धीरे-धीरे ही शीतल होने के कारण वर्षा बहुत समय तक लगातार होती रहती है। मध्य अक्षाओं में जाड़े की ऋतु में टप-टप होने वाली वर्षा और भूरे बादलों से छाया हुआ आकाश प्रायः चक्रवाती के कारण ही होता है। अयन रेखाओं तथा मध्य अक्षाओं में बड़ी मात्रा में वर्षा चक्रवातों के द्वारा ही होती है। शीतकाल में उत्तरी भारत में होने वाली वर्षा भी चक्रवाती वर्षा ही होती है।

चक्रवात में वायु धीरे-धीरे ऊपर उठती है। इसलिए उसमें निहित जलवाष्प भी धीरे-धीरे ही बादलों और जलसीकरों में बदलती है। अतः छोटे-छोटे जलसीकर भी वर्षा के रूप में धरातल पर पहुँच जाते हैं। चक्रवात के अग्रभाग में जो धीरे-धीरे वर्षा होती है, उसका यही कारण है। चक्रवात के पृष्ठभाग में शीतल हवा आकर उष्ण हवा को यकायक बहुत ऊपर उठा देती है। उष्ण हवा की भाप से बनने वाले जल-कण बहुत बड़े आकार के होते हैं जिससे पृष्ठभाग में वर्षा अधिक जोर से होती है, कभी-कभी बिजली भी चमकती है और बादल का कड़कना भी देखा जाता है।

धरातल पर जल वर्षा का वितरण (Distribution of Rainfall over the Earth)

वर्षा का सम्बन्ध वायु के तापमान से है। तापमान के अनुसार ही वायु में भाप ग्रहण करने की शक्ति होती है और वायु में भाप की मात्रा पर ही होने वाली वर्षा का अंश निर्भर करता है। अस्तु, धरातल पर समस्त वर्षा का कारण वायु में मिली यह भाप ही है। वर्षा वायु के ठण्डे होने से होती है। जैसे-जैसे वायु शीतल होती है उसकी सापेक्ष आर्द्रता घटती जाती है और कालान्तर में एक ऐसी अवस्था आती है जब जलवाष्प जलसीकरों का रूप ले लेती है। तदनन्तर वर्षा होती है।

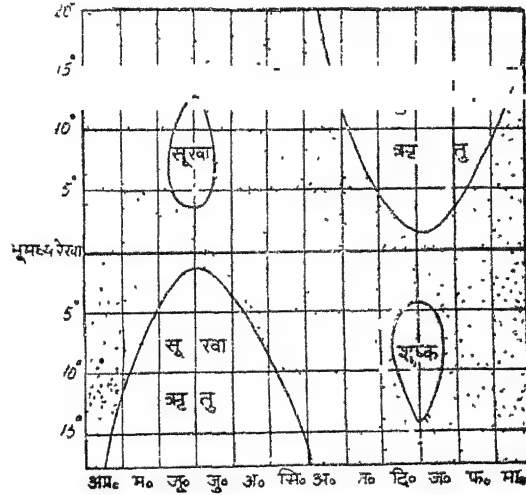
वायु के शीतल होने की निम्नलिखित तीन विधियाँ हैं :

- (क) वायु का उष्ण प्रदेश से शीतल प्रदेश की ओर बहना।
- (ख) संवहन के कारण वायु का ऊपर उठना अथवा मार्ग में पहाड़ आदि आ जाने से शीतल होना।

(ग) उष्ण वायु-राशि का शीतल वायु-राशि के सम्पर्क में आना।

उपरोक्त विधियों में से जब किसी भी विधि द्वारा हवा ठण्डी होती है तो वर्षा करती है परन्तु इसके विपरीत जब हवा ऊपर से नीचे उतरती है अथवा शीतल प्रदेशों से उष्ण प्रदेशों की ओर चलती है तो कोई वर्षा नहीं करती। अतः पृथ्वी के धरातल पर होने वाली वर्षा का सामान्य वितरण उपरोक्त सिद्धान्तों के ऊपर ही आधारित है। यह आगे के विश्लेषण से पूर्णतया स्पष्ट है।

वर्षा ताप से सम्बन्धित है, इसलिए धरातल पर सबसे अधिक वर्षा वही होती है जहाँ तापमान अधिक रहते हैं। जहाँ तापमान कम पाये जाते हैं, वहाँ सामान्यतया वर्षा भी कम होती है। धरातल पर सबसे अधिक ताप उष्ण कटिबन्ध में रहता है, इस कारण वर्षा भी सबसे अधिक इसी भाग में होती है। विषुवतरेखा से



चित्र 121—विषुवतरेखीय वर्षा

दूर जाने पर धीरे-धीरे ताप में कमी होती जाती है। इसलिए वर्षा भी इसी तरह विषुवत रेखा से दूर हटने पर कम होती जाती है। शीतोष्ण कटिबन्धीय भागों में वर्षा विषुवतरेखीय भागों से कम होती है। ध्रुवीय भागों में यह वर्षा और भी कम होती है। यहाँ कम वर्षा होने का कारण यह है कि ताप की कमी से न तो यहाँ वाष्पीकरण ही अधिक होता है और न वायु में भाप की मात्रा ही अधिक होती है।

धरातल पर वर्षा का सबसे अधिक औसत भूमध्यरेखीय प्रदेशों में मिलता है। भूमध्यरेखीय प्रदेश विश्व के उन भागों में से हैं, जहाँ सर्दी-गर्मी सभी ऋतुओं में वर्षा होती है। यहाँ वर्षा का प्रधान कारण संवहन है जो वर्षा के लिए सबसे अधिक सहायक है। यह प्रदेश निम्न दाब वाले वायु के प्रशान्तमण्डल (Doldrum) पर स्थित है। अतः अधिक ताप और शान्त वायु के कारण वर्ष भर हवा ऊपर उठती रहती है और वर्षा करती है। इस प्रकार यहाँ होने वाली वर्षा पूर्णतः सनयनीय होती है।

उष्ण कटिबन्ध में संवहन का स्थान प्रधान होता है। किन्तु यहाँ भूमध्यरेखीय प्रदेशों की भाँति केवल संनयन वर्षा ही नहीं होती। यहाँ संनयनीय तथा चक्रवाती दोनों ही प्रकार की वर्षा होती है। उष्ण कटिबन्ध के बाहर सनयनीय वर्षा बहुत कम होती है। यहाँ वर्षा हवाओं की दिशा पर अधिक निर्भर करती है। मानसूनी प्रदेशों में भी संवहन का बड़ा महत्त्व रहता है। ग्रीष्म में भीषण ताप के कारण स्थल की हवा गरम होकर संवहन धाराओं के रूप में ऊपर उठ जाती है और इस रिक्त स्थान की पूर्ति के लिए समुद्र से हवाएँ दौड़ पड़ती हैं। परन्तु इन आर्द्र हवाओं द्वारा वर्षा केवल पृथ्वी की बनावट और भौतिक रूपरेखा पर निर्भर करती है। इसके अतिरिक्त इन भागों में ऋतुओं के अनुसार हवाओं की दिशा बदलती रहती है। अतः जिस ऋतु में हवाएँ समुद्र से स्थल की ओर चलती हैं, उसी ऋतु में वर्षा सबसे अधिक होती है। यहाँ पर्वतीय वर्षा का बड़ा जोर रहता है। इस कारण इन प्रदेशों में जो भाग पर्वतों के पवनाभिमुख (windward) भाग की ओर स्थित होते हैं वहाँ भारी वर्षा होती है और जो पवन विमुख ढाल (leeward) की ओर स्थित होते हैं वहाँ बहुत ही कम वर्षा होती है। यही कारण है कि विश्व में सबसे अधिक वर्षा भारत में चेरापूँजी नामक स्थान पर होती है। साधारणतः यहाँ वर्षा का औसत 428 इंच है। परन्तु सन् 1861 में यहाँ इतना पानी गिरा कि वर्ष भर में वर्षा की मात्रा 905 इंच जा पहुँची।¹ पूर्वी द्वीपसमूह, अमेजन की घाटी, गिनी का तट तथा एण्डीज के निकट भारी वर्षा उपरोक्त कारणों से ही होती है। वर्षा का धरातल की रूपरेखा और पर्वतों की दिशा का प्रभाव नीचे की तालिका से और भी स्पष्ट हो जाता है :²

वार्षिक वर्षा

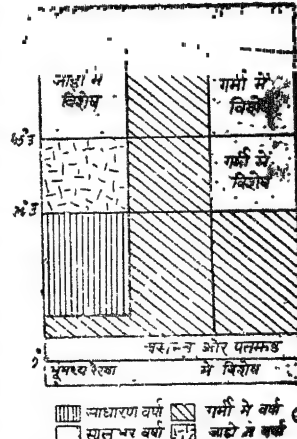
स्थान	ऊँचाई (फुटों में)	वर्षा (इंचों में)	विशेष
चेरापूँजी (भारत)	4309	428"	अत्यधिक वर्षा वाले स्थान
वैलिले (हवाई द्वीप)	5075	400"	
मिलनोरा (ओरगन)		131"	
हैलिवान (मिस्र)		1.33"	न्यूनतम वर्षा वाले स्थान
ग्रीनलैण्ड रेंच (कैलिफोर्निया)		1.45"	
अदन (अरब)		1.84"	
ला सैरेना (चिली)		5.39"	

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 424

² T. A. Blair : *Weather Elements*, pp. 295-96

उष्ण कटिबन्ध के बाहर 30° अक्षांशों के निकट उच्चदाब की पेटी स्थित है। यहाँ पर सदा ही हवाएँ ऊपर से नीचे उतरती रहती है। परिणामस्वरूप यहाँ कोई वर्षा नहीं होती। यह पूर्णतः शुष्क प्रदेश है। ससार के मुख्य-मुख्य मरुस्थल इसी भाग में पाये जाते हैं।

ऊपर बताया जा चुका है कि वर्षा का सम्बन्ध ताप से अधिक है। इस कारण धरातल पर होने वाली अधिकतर वर्षा ग्रीष्म ऋतु में ही होती है। यही नहीं पृथ्वी के अधिकांश भागों में वर्षा का मौसम भी ग्रीष्म ऋतु में ही अधिक रहता है। किन्तु धरातल पर कुछ ऐसे भाग भी हैं जहाँ ग्रीष्म में कोई वर्षा नहीं होती। ग्रीष्म की ऋतु वहाँ शुष्क ऋतु होती है। ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़े में वहाँ वर्षा के अनुकूल अवस्थाएँ पायी जाती हैं। ऐसे प्रदेश शीतोष्ण कटिबन्ध के भूमध्य-सागरीय जलवायु वाले प्रदेश हैं। इन प्रदेशों में वर्षा हवाओं की दिशा पर निर्भर करती है। जाड़े की ऋतु में ये प्रदेश समुद्र से आने वाली आर्द्र पछुआ हवाओं के प्रभाव में रहते हैं। इस कारण जाड़े की ऋतु यहाँ वर्षा की ऋतु रहती है। ग्रीष्म की ऋतु में ये प्रदेश धरातली हवाओं के परिवर्तन के कारण सन्मार्गी हवाओं के प्रभाव में आ जाते हैं, जो केवल महाद्वीपों के पूर्वी भागों में ही वर्षा करती है। चूँकि ये हवाएँ न्यून ताप वाले क्षेत्रों की ओर चलती हैं इसलिए इनकी भाप ग्रहण करने की शक्ति बढ़ जाती है।



चित्र 122—उत्तरी गोलार्द्ध में वर्षा का वितरण

शीतोष्ण कटिबन्ध में संवहन का कोई महत्व नहीं है। यहाँ ध्रुवों से आने वाली शीतल वायु-राशि उष्ण प्रदेशों से आने वाली उष्ण वायु-राशि के सम्पर्क में आती है जिससे यहाँ अधिकतर वर्षा चक्रवातो और गर्त-चक्रों द्वारा होती है। यहाँ पर होने वाली वर्षा पूर्णतः चक्रवाती (cyclonic) कही जा सकती है।

शीतोष्ण कटिबन्ध पछुआ हवाओं के प्रवाह मार्ग में पड़ता है। अतः इन क्षेत्रों में महाद्वीपों के पश्चिमी भाग अधिक वर्षा के प्रदेश हैं। जाड़े की ऋतु में पछुआ हवाएँ महाद्वीपों के भीतरी भागों तक नहीं पहुँच पाती, क्योंकि इस ऋतु में भीतरी भाग उच्च दाब (high pressure) के क्षेत्र बने रहते हैं। गर्मियों की ऋतु में वहाँ थोड़ी-बहुत वर्षा हो जाती है, पर सबसे अधिक वर्षा शीतकाल में ही होती है।

शीतोष्ण कटिबन्ध के बाहर ध्रुवीय प्रदेशों में निम्न ताप के कारण कोई वर्षा नहीं होती। ये पृथ्वी के अत्यन्त शीतल भाग हैं। अतः ताप की कमी से न तो यहाँ वायु में भाप की अधिक मात्रा ही पायी जाती है और न वाष्पीकरण ही होता है। अतः यहाँ कोई वर्षा नहीं होती। जाड़े की ऋतु में हिमपात (snowfall) अवश्य होता रहता है।

उपरोक्त विवेचन से यह बात स्पष्ट विदित होगी कि अधिक ताप के कारण जहाँ वाष्पीकरण अधिक होगा वहीं वर्षा अधिक होगी। इस प्रकार धरातल पर वर्षा की सही मात्रा वाष्पीकरण की मात्रा पर निर्भर करती है। वाष्पीकरण द्वारा धरातल से जितना जल वायुमण्डल में पहुँचता है उतना ही जल वर्षा द्वारा वायुमण्डल से धरातल पर आ जाता है। यह बात अगली तालिका से और भी स्पष्ट होती है।

वर्षा के अग्रलिखित विवरण के आधार पर हम बहुत संक्षेप में पृथ्वी के प्रत्येक गोलार्द्ध को चार भागों में बाँट सकते हैं :

जल वर्षा और वाष्पीकरण¹

अक्षांश	समुद्र पर		स्थल पर		सम्पूर्ण पृथ्वी पर	
	वर्षा	वाष्पीकरण	वर्षा	वाष्पीकरण	वर्षा	वाष्पीकरण
उत्तरी गोलार्द्ध						
90°-80°	0.5	0.2	0.1	0	0.6	0.2
80°-70°	0.4	0.7	0.9	0.3	3.3	1.0
70°-60°	0.7	0.7	4.7	1.6	7.3	2.3
60°-50°	10.4	4.4	7.4	5.3	17.8	9.7
50°-40°	17.6	10.5	8.1	5.5	29.0	15.9
40°-30°	10.7	20.4	8.4	5.9	18.8	25.9
30°-20°	15.5	—	11.9	7.3	17.4	36.4
20°-10°	19.7	37.8	10.7	8.9	30.5	46.6
10°-0°	47.5	34.0	17.4	11.6	64.6	45.6
दक्षिणी गोलार्द्ध						
0°-10°	32.2	38.4	18.8	12.7	51.0	51.2
10°-20°	22.2	40.1	10.3	8.5	32.5	48.5
20°-30°	15.9	34.6	7.3	3.8	21.9	38.4
30°-40°	28.6	28.8	2.3	2.1	30.9	30.8
40°-50°	28.0	17.7	0.9	0.5	28.9	18.2
50°-60°	17.7	5.8	0.2	0	17.9	5.9
60°-70°	5.0	1.5	0.2	0.1	5.2	1.6
70°-80°	0.5	0.2	2.6	0.4	3.1	0.6
80°-90°	0	0	1.2	0.2	1.2	0.2

(1) विषुवतरेखीय भारी वर्षा वाली पेट्टी (Equatorial heavy rainfall belt),

(2) उपोष्ण शुष्क पेट्टी (Sub-tropical dry belt),

(3) शीतोष्ण कटिबन्धीय वर्षा की पेट्टी (Temperate rain belt),

(4) ध्रुव प्रदेश की हल्की हिमपात वाली पेट्टी (Polar regions of light snow-fall)।

वर्षा की ये पेट्टियाँ वायुदाब की पेट्टियों से बिल्कुल मिलती हैं। वायुदाब की पेट्टियों का विस्तार समुद्रो पर पाया जाता है। यही बात वर्षा के लिए भी सत्य है।

पृथ्वी के सम्पूर्ण धरातल—जल और स्थल—पर वर्षा की औसत वार्षिक मात्रा 40.9 इंच है।² भूमि पर वर्षा का यह औसत 26.4 इंच है और समुद्र पर 44.9 इंच है। इसकी कुल मात्रा के अनुसार 19% वर्षा भूमि पर और 18% वर्षा समुद्र पर होती है³ जबकि धरातल पर जल और स्थल का औसत क्रमशः 29 और 71% है।

¹ Dr. R. N. Dubey : *Physical Basis of Geography*, pp. 122-23

² C. E. P. Brooks : *Climate Through the Ages*, p. 168

³ *Ibid.*, p. 168

वृष्टि द्योतक मानचित्रों का अध्ययन

वृष्टि द्योतक मानचित्रों के अध्ययन में दो बातों की ओर विशेष ध्यान देना आवश्यक है .

(1) वर्षा अधिक, मध्यम, कम और बहुत कम भागों में बाँटी जाती है। अतः यह ध्यान रखा जाना चाहिए कि वह स्थान इनमें से कौनसे भाग में आता है। वर्षा के इन विभागों का सामान्य विभाजक नियम यह है .

उष्ण कटिबन्ध में

- (क) 80" से ऊपर वाली वर्षा को भारी वर्षा (heavy rainfall) के अन्तर्गत गिना जाता है।
- (ख) 40" से 80" तक की वर्षा मध्यम वर्षा (moderate rainfall) कहलाती है।
- (ग) 15" से 40" तक की वर्षा कम अथवा अल्प वृष्टि (light rain) होती है।
- (घ) 15" से कम वर्षा बहुत कम (poor rain) गिनी जाती है। ऐसे भाग मरुस्थल होते हैं।

शीतोष्ण कटिबन्ध में

- (क) 40" से अधिक वर्षा वाले क्षेत्र भारी वर्षा (heavy rainfall) वाले क्षेत्र माने जाते हैं।
- (ख) 25" से 40" तक वर्षा वाले भाग मध्यम वृष्टि वाले होते हैं।
- (ग) 5" से 20" तक की वर्षा को कम वर्षा माना जाता है।
- (घ) 5" से कम वर्षा बहुत ही कम वर्षा (poor rain) में शामिल की जाती है।

(2) वृष्टि द्योतक मानचित्रों के अध्ययन के सम्बन्ध में दूसरी महत्वपूर्ण बात यह है कि वर्षा किस ऋतु में अधिक होती है। वनस्पति के लिए गर्मी होना आवश्यक है। अतः कृषि की दृष्टि से गर्मी में होने वाली वर्षा अधिक लाभप्रद होती है।

यदि हम विश्व के वृष्टि द्योतक मानचित्र का अध्ययन करें तो निम्न बातें ज्ञात होंगी :

(1) भूमध्य रेखा से ज्यो-ज्यो ध्रुवों की ओर दूर हटते जाते हैं वर्षा निरन्तर कम होती जाती है।



चित्र 123—संसार में वर्षा का वितरण

(2) महाद्वीपों के भीतरी भागों की अपेक्षा समुद्रतटों पर अधिक वर्षा होती है।

(3) भूमध्य रेखा के दोनों ओर 35° और 40° अक्षांशों के बीच पूर्वी तटों पर अधिक वर्षा होती है और पश्चिमी तटों पर कम।

(4) भूमध्य रेखा के दोनों ओर 45° और 60° अक्षांशों के बीच पछुवा हवाओं द्वारा वर्षा होती है। वर्षा महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में अधिक होती है, ज्यों-ज्यों हम पश्चिम से पूर्व की ओर बढ़ते हैं वर्षा की मात्रा घटती जाती है।

(5) जहाँ समुद्रतटों के समान्तर पर्वत-श्रेणियाँ फैली हुई हैं वहाँ तटीय मैदानों तथा पवनाभिमुख (windward) ढालों पर खूब वर्षा होती है और पवन विमुख ढाल (leeward) सूखे रहते हैं।

(6) समुद्रों पर वाष्पीकरण अधिक होता है, इसलिए वर्षा भी स्थल भागों की अपेक्षा समुद्रों पर अधिक होती है।

दृश्यता (Visibility)

वायुमण्डल की पारदर्शिता को दृश्यता कहते हैं। वायुमण्डल में जब कभी बादल, कुहरा अथवा धुँध छा जाता है तो वायुमण्डल की पारदर्शिता घट जाती है। इस प्रकार मौसम परिवर्तन के साथ दृश्यता घटती-बढ़ती रहती है। दृश्यता के घटने-बढ़ने का मानव-जीवन पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। वायुमण्डल की दृश्यता घट जाने पर समस्त यातायात पंगु हो जाता है। वर्तमान काल में वायु यातायात के लिए इसका विशेष महत्त्व है। बिना दृश्यता की जानकारी और अध्ययन के हवाई यातायात का सफल प्रबन्ध हो ही नहीं सकता। अतः हवाई उड़ान के पूर्व सदैव भिन्न-भिन्न स्थानों की दृश्यता की नाप और जानकारी प्राप्त कर ली जाती है।

वायुमण्डल की पारदर्शिता को नापा जा सकता है। दृश्यता को नापने के लिए यह देखा जाता है कि मुख्य स्थलीय रूप—पहाड़, मकान, वृक्ष आदि—गंगी आँखों द्वारा कितनी दूरी से देखे जा सकते हैं। जब 25 मीटर से अधिक दूरी पर स्थित वस्तुओं को आसानी से नहीं देखा जा सकता तो दृश्यता को शून्यांश पर मानते हैं। इसके विपरीत, जब 50 किलोमीटर तक की दूरी पर स्थित वस्तुओं को देख सके तो दृश्यता 9 अंश पर होती है। इस प्रकार शून्यांश और नवांश के बीच में और भी अंश होते हैं जिन्हें दृश्यता का मानदण्ड कहते हैं। दृश्यता बताने वाला पैमाना नीचे दिया जा रहा है :

दृश्यता का पैमाना

पैमाने का नम्बर	वितरण	वह दूरी जहाँ तक देखा जा सकता है
0	घना कुहरा	55 गज ($\frac{1}{8}$ मील)
1	अधिक कुहरा	220 गज ($\frac{1}{4}$ से $\frac{1}{2}$ मील तक)
2	कुहरा	550 गज ($\frac{1}{2}$ से $1\frac{1}{4}$ मील तक)
3	साधारण कुहरा	1100 गज ($1\frac{1}{4}$ से $2\frac{1}{2}$ मील तक)
4	धुँध	2200 गज ($2\frac{1}{2}$ मील तक)
5	न्यून दृश्यता	$2\frac{1}{2}$ मील
6	साधारण दृश्यता	$6\frac{1}{4}$ मील
7	अच्छी दृश्यता	$12\frac{1}{2}$ मील
8	बहुत अच्छी दृश्यता	31 मील
9	असाधारण दृश्यता	31 मील तक दिखाई देता है

पीछे बताया गया है कि दृश्यता और मौसम में घनिष्ठ सम्बन्ध है। दृश्यता और मौसम में यह सम्बन्ध किस प्रकार रहता है, नीचे की तालिका से ज्ञात होगा :

दृश्यता और मौसम में साधारण सम्बन्ध¹

पैमाने का नं०	दिन की दृश्यता	कुहरा और धुंध	हिम बूँदाबाँदी	वर्षा
0	50 मीटर से कम	घना	बहुत भारी.....	
1	50 से 200 मी०	मोटा	बहुत भारी या भारी	अयनवृत्तीय भारी
2	200 से 500 मी०	मध्यम	
3	500 से 1000 मी०	साधारण	साधारण मोटा	बहुत भारी
4	1 से 2 किमी	धुंध	प्रकाश साधारण	भारी
5	2 से 4 किमी	हल्की धुंध	बहुत हल्का थोड़ा	भारी
6	4 से 10 किमी	हल्की धुंध	बहुत हल्का.....	साधारण
7	10 से 20 किमी	हल्की
8	20 से 50 किमी	बहुत हल्की
9	50 से ऊपर			

कुहरा (Fog)

कुहरा बादल का ही एक रूप है। वस्तुतः कुहरा वह बादल है जो धरती को छूता हुआ रहता है। धरती को छूते रहने से धरातल की दृश्यता (visibility) पर इसका गहरा प्रभाव पड़ता है। कुहरे की रचना का सम्बन्ध बहुत अधिक आर्द्र वायु-राशि के धरातल के समीप ठण्डे होने से है। अतः रात्रि में जब कभी उष्ण तथा आर्द्र हवा का तापमान ओस बिन्दु से नीचे चला जाता है तो उसमें निहित भाप जलसीकरो में परिवर्तित हो जाती है। ये जलसीकर अत्यन्त छोटे होने के कारण हवा में ही बने रहते हैं और धुएँ के बादल के समान वायुमण्डल में छाये रहते हैं। संक्षेप में, कुहरा जलसीकरो का एक ऐसा समूह है जो अत्यन्त दूर से देखने पर बादलो-सा प्रतीत होता है। जब इसका रूप बहुत घना हो जाता है तो इसके भीतर चलने-फिरने वाले, चाहे छाता लगाये हों, बिना वर्षा के ही पानी में भीग जाते हैं। बादल और कुहरों में अन्तर केवल इतना ही है कि बादल धरातल से काफी ऊँचाई पर स्थित होते हैं और कुहरा धरातल से लगा हुआ होता है। जिस प्रकार बादल हवा में इधर-उधर उड़ते रहते हैं, उसी प्रकार कुहरा भी उड़ता है। कभी-कभी कुहरा उड़कर बहुत दूर चला जाता है। पश्चिमी यूरोप में समुद्रतटों से कुहरा प्रायः बीस-पच्चीस मील दूर स्थल में घुस आता है।

विलिट (Willet) के अनुसार कुहरा मुख्यतः दो प्रकार का होता है :

- (1) अन्तर वायु-राशि कुहरा (Intia air-mass fogs)
- (2) सीमान्त कुहरा (Frontal fogs)

अन्तर वायु-राशि कुहरे की फिर दो प्रधान जातियाँ होती हैं :

- (क) विकिरण कुहरा (Radiation or Ground Inversion fog)
- (ख) सम्पर्कीय कुहरा (Advection fog)

¹ Haurwitz and Austin : *Climatology*, Pg 41

1. (क) विकिरण कुहरा (Radiation or Ground Inversion Fog)—विकिरण कुहरा किसी स्थान की वायु के ताप में कमी हो जाने से उत्पन्न होता है। वस्तुतः यह उस समय उत्पन्न होता है जब भूमि के बहुत अधिक शीतल हो जाने पर भूमि के ऊपर की आर्द्र वायु विकिरण तथा संचालन द्वारा ठण्डी हो जाती है। उच्च अक्षांशों में जहाँ भूमि सदा वायु की अपेक्षा शीतल रहती है, प्रायः ऐसा कुहरा देखा जाता है। पतझड़ और जाड़े के मौसम में कुहरा अधिक रहता है। क्यू (Kew) (लन्दन के अन्दर) में जाड़े के छह महीनों में औसतन 43 दिन कुहरा गिरता है जबकि ग्रीष्म के छह महीनों में केवल 10 दिन ही। रात्रि और सूर्योदय के समय कुहरा घना होता है। सूर्य के प्रभाव के साथ कुहरा हटता जाता है, तापमान बढ़ने के साथ-साथ वायु की उष्णता भी बढ़ती जाती है। अतः जलसीकर पुनः भाप में परिवर्तित हो जाते हैं।

सामान्यतः विकिरण कुहरा निम्न अवस्थाओं में अधिक पड़ता है -

(1) कुहरे के बनने के लिए हवा का अपेक्षाकृत शान्त होना आवश्यक है। हवा में अधिक गति होने पर वह कुहरे को उड़ा ले जाती है। मन्द हवा कुहरे में सहायक होती है किन्तु जब उसका वेग 9 से 16 किलोमीटर प्रति घण्टा हो जाता है तो वह कुहरे के निर्माण में बाधक हो जाती है।

(2) कुहरे गिरने के एक दिन पूर्व थोड़ी वर्षा का होना और आकाश का बादलों से घिरा हुआ होना कुहरा बनने के लिए बड़ा लाभप्रद होता है। बादलों के कारण भूमि के निकट की हवा अधिक गरम और शुष्क नहीं हो पायेगी, क्योंकि बादल भूमि से निकलने वाली गर्मी को वापस नीचे भेज देते हैं। वर्षा के कारण वायु की आर्द्रता बढ़ जाती है जिससे कुहरा पड़ने के लिए वायु में जलवाष्प की कमी नहीं रहती।

(3) जिस रात्रि को कुहरा पड़ता है उस रात्रि को आकाश बिल्कुल निर्मल होना चाहिए ताकि भूमि विकिरण द्वारा पर्याप्त ठण्डी हो सके। आकाश में बादल होने पर वे विकिरण की गर्मी को पुनः नीचे लौटाकर भूमि को शीतल होने से रोकते हैं।

(4) पर्वतीय भागों में घाटियों के नीचे कुहरे का प्रभाव अधिक रहता है क्योंकि घाटियों की भूमि आर्द्र होती है। लेकिन इसके लिए यह जरूरी है कि पर्वतीय ढालों से अत्यधिक शीतल वायु बहकर घाटियों में एकत्रित हो ताकि ओसांक हिमांक बिन्दु के यथेष्ट नीचे रहे। इससे जल-वाष्प सीधे हिम कणों में बदल जायगी।

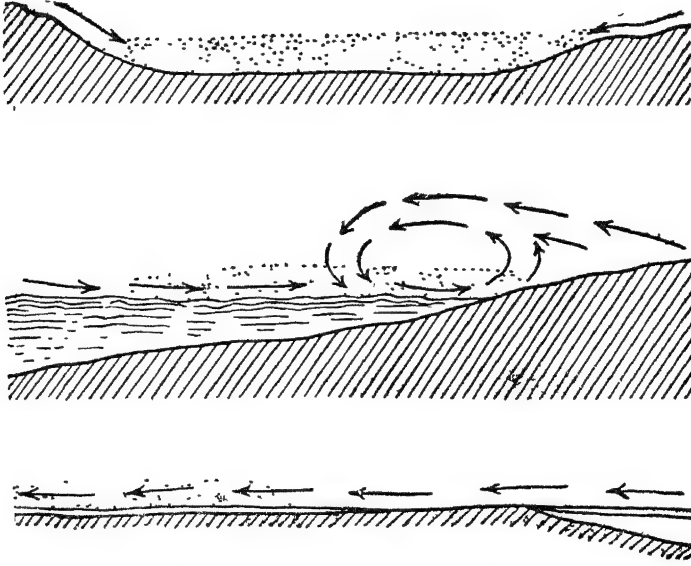
(5) नदी अथवा झीलों की समीपता वायु को शीतल और आर्द्र बनाने में सहायक होती है। अतः ऐसे स्थानों पर कुहरा अधिक पड़ता है।

(6) तापमान की विलोमता की स्थिति भी कुहरे के अधिक समय तक बने रहने में सहायक होती है। तापमान की विलोमता के कारण कुहरा ऊपर नहीं उठ पाता और नीचे ही लटका रहता है।

(7) औद्योगिक बस्तियाँ भी विकिरण कुहरे के बनने में बड़ी सहायक होती हैं। ऐसे स्थानों पर कारखानों की चिमनियों से निकलने वाला धुआँ आकाश में फैल जाता है। सूर्यास्त के बाद धूल और धुएँ के कण शीघ्र ठण्डे हो जाते हैं और अपने आसपास जलसीकर एकत्रित कर लेते हैं। इस प्रकार शहरों पर कुहरा इतना घना छा जाता है कि सूर्य का प्रकाश भी धरातल पर नहीं पहुँच पाता। ऐसी दशा में न केवल यातायात ही रुक जाता है, वरन् पैदल चलने वालों को भी बड़ी कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है। 23 नवम्बर, 1927 को लन्दनवासी जब प्रातः काल उठे तो उनके आश्चर्य का ठिकाना न रहा। लन्दन शहर रात्रि से भी अधिक अन्धकार में डूबा हुआ था। दोपहर के बाद कहीं सूर्य का क्षीण प्रकाश पहुँच सका।¹

¹ Kendrew : *Climatology*.

कई बार कारखानों की चिमनियों से निकलने वाले धुएँ में गन्धक के कण होते हैं जो कुहरे को विषैला बना देते हैं। इससे गले व फेफड़ों की बीमारियाँ उत्पन्न हो जाती हैं। ऐसे कुहरे को इंग्लैण्ड में Smog कहा जाता है। इस कुहरे के कारण नाक व आँखों से पानी निकलता रहता है। दिसम्बर 1952 में लन्दन के अन्दर इस कुहरे के दुष्परिणामस्वरूप 4000 व्यक्ति



चित्र 124—कुहरे के प्रकार : चित्र का ऊपरी भाग विकिरण कुहरा तथा मध्य भाग एवं अन्तिम भाग सम्पर्कीय कुहरे को बताता है

निमोनिया एवं गले की बीमारियों से मर गये थे। लोगों की स्वास्थ्य-रक्षा और यातायात व्यवस्था को बनाये रखने के लिए ऐसे कुहरे को रोकना बहुत आवश्यक है। इसके लिए ऐसे ईंधन का प्रयोग किया जाना चाहिए जिससे गन्धक और कोयले के कण घरों व चिमनियों से बाहर निकल सकें। संयुक्त राज्य अमरीका के एक बड़े औद्योगिक नगर पिट्सबर्ग में उपरोक्त उपायों के प्रयोग करने से छः वर्षों में कुहरे की घटना 90 प्रतिशत कम हो गयी।

(ख) सम्पर्कीय कुहरा (Advection Fog)—सम्पर्कीय अथवा वायु-मिश्रित कुहरा दो भिन्न तापमान वाली वायु-राशियों के मिलने से पैदा होता है। जब किसी स्थान से आयी हुई उष्ण वायु-राशि ठण्डे धरातल अथवा शीतल वायु-राशि से मिलती है तो कुहरा उत्पन्न हो जाता है। ठण्डे धरातल तथा शीतल वायु-राशि के सम्पर्क से उष्ण वायु-राशि की निचली तहें ओस बिन्दु से भी नीचे ठण्डी हो जाती है। ठण्डी हवा थोड़ी देर धरातल के ऊपर पड़ी रहती है और जब वायुमण्डल स्थिर होता है तो कुछ समय के पश्चात् कुहरा छा जाता है। परन्तु यदि हवा का प्रवाह वेगपूर्ण होता है तो कुहरा पैदा नहीं हो पाता है। वायु के मिश्रण से ऐसी दशा में नीचे स्तरीय बादल बनते हैं। समुद्रों पर छाया रहने वाला कुहरा अधिकतर इसी प्रकार का होता है। परन्तु यह मध्य में उच्च अक्षांशों तक ही सीमित रहता है। उष्ण भागों में समुद्र का जल अत्यधिक गरम रहने से कुहरा बन ही नहीं पाता। बसन्त ऋतु और ग्रीष्मकाल में यह कुहरा अधिक गिरता है क्योंकि उच्च अक्षांशों में इस ऋतु में चलने वाली उष्ण हवाओं की अपेक्षा समुद्र का जल ठण्डा रहता है। ब्रिटेन के दक्षिण और पश्चिम में ऐसा कुहरा होना साधारण-सी बात है।

उत्तरी अमरीका के पूर्वी किनारे न्यूफाउण्डलैण्ड के समीप गल्फ स्ट्रीम और लेब्रेडोर नाम की उष्ण और ठण्डी धाराओं के मिलने से भी भयंकर कुहरा उत्पन्न होता है। इसी तरह जापान के पूर्वी किनारे पर क्यूरोसिओ की गरम धारा और क्यूराइल की ठण्डी जलधारा के मिलने से घना कुहरा उत्पन्न होता है। गल्फ स्ट्रीम की उष्ण और आर्द्र हवा जब ठण्डे जल के ऊपर चलती है तो घना कुहरा छा जाता है। न्यूफाउण्डलैण्ड के आसपास समुद्रो पर 70 दिन से भी अधिक कुहरा रहता है। यहाँ अधिकतर कुहरा ग्रीष्म और पतझड़ में गिरा करता है। ग्रीनलैण्ड के किनारे प्रायः गर्मी के मौसम में कुहरा छाया रहता है।

कभी-कभी उन देशों में जहाँ कड़ाके का जाड़ा गिरता है वायु-मिश्रण कुहरा उत्पन्न हो जाता है। उष्ण और आर्द्र समुद्री हवाएँ जब बर्फ से ढके हुए धरातल पर चलती हैं तो ठण्डी होकर तर कुहरा पैदा करती हैं। कभी-कभी कई दिनों तक लगातार कुहरा बना रहता है। शीतोष्ण कटिबन्ध में उष्ण वायु-राशि के समीप भी यदाकदा कुहरा देखा जाता है।

दृश्यता (visibility) की दृष्टि से वे तमाम बादल जो कि धरातल से कुछ ऊँचाई पर होते हैं और जो तमाम अक्षांशों में प्रायः पहाड़ों पर छाये रहते हैं, कुहरा ही समझा जाता है। यद्यपि वे जन्म की दृष्टि से तो बादल ही होते हैं।

कुहरे में जल की मात्रा बहुत थोड़ी होती है परन्तु इससे भी कुछ स्थानों की वनस्पति को बड़ा लाभ होता है। कालाहारी मरुस्थल में समुद्रतट के समीप घना कुहरा होने से ही कुछ वनस्पति उग आयी है। शीतोष्ण कटिबन्ध में जाड़े की ऋतु में कभी-कभी शहरों में इतना कुहरा छा जाता है कि कोई वस्तु दिखाई तक नहीं पड़ती। ऐसी दशा में यातायात की दुर्घटनाएँ हो जाना स्वाभाविक है। न्यूफाउण्डलैण्ड के निकट उष्ण और ठण्डी जल-धाराओं के मिलने के कारण समुद्र पर बराबर इतना कुहरा छाया रहता है कि उसमें कई बार बड़े-बड़े जहाज आपस में टकरा जाते हैं, जिससे अपार धन-जन की क्षति होती है। सन् 1912 में टाइटेनिक नामक जहाज सामुद्रिक कुहरे के कारण टकराकर टूट गया था।

2. वाताग्र कुहरा (Frontal Fog)—वाताग्र कुहरा भिन्न तापमान वाली वायुराशियों के वाताग्रों से सम्बन्धित होता है। इसमें कुहरा हवाओं के ऊपर उठने तथा धरातल के समीप शीतल वायु की तह के काफी ऊँचाई पर बहती हुई गरम हवा के कारण होने वाली वर्षा द्वारा संतृप्त (saturated) हो उठने से पैदा होता है। उष्ण वाताग्र और शीत वाताग्र कुहरे के बीच बहुत कम अन्तर रहता है, क्योंकि दोनों ही गिरती हुई वर्षा के शीतल होने तथा वाष्पीकरण के परिणाम-स्वरूप उत्पन्न होते हैं। वाताग्र कुहरा (Frontal fog) प्रायः बहुत अधिक फैला हुआ और अधिक समय तक टिकने वाला होता है।

कुहरे के ऊपर बताये गये रूपों के अतिरिक्त निम्न रूप और हैं :

(1) वाष्पीय कुहरा (Steam Fog)—जब शीतल वायु अत्यधिक गरम पानी की सतह के ऊपर होकर बहती है तो जल भाप छोड़ता हुआ प्रतीत होता है। इसलिए इसे वाष्पीय कुहरा कहते हैं। उच्च अक्षांशों में इसे ध्रुवीय धुआँ (Arctic Smoke) कहते हैं। यह कुहरा बहुत ही अल्प समय के लिए ठहरता है।

(2) पहाड़ी कुहरा (Hill Fog)—यह कुहरा एक प्रकार का नीचा बादल है जो पहाड़ियों को ढक लेता है। जब आर्द्र हवा स्थल के भीतर बहती है तो पहाड़ियों के ऊपर चढ़ने से फैलकर ठण्डी हो जाती है और संघनन की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। ऐसी दशा में पहाड़ियाँ कुहरे से ढक जाती हैं। शीतोष्ण कटिबन्ध में स्थित सभी पहाड़ी जिलों में वर्ष के किसी भी समय इस प्रकार का कुहरा (fog) उत्पन्न हो सकता है।

धुंध (Mist)

धुंध वास्तव में कुहरे का ही एक रूप है। जब कुहरा घना न होकर हल्का-पतला होता है तो उसे हम धुंध कहते हैं। अन्तरिक्ष विज्ञान (Meteorology) की भाषा में वायुमण्डल की पारदर्शिता जब 1000 मीटर से अधिक होती है तो उस अवस्था (phenomenon) को धुंध कहा जाता है।

सामान्यतः स्थल के ऊपर की हवा जल के ऊपर की हवा से जल्दी ठण्डी हो जाती है। इसका मुख्य कारण यह है कि स्थल से विकिरण द्वारा गर्मी बहुत शीघ्र परिवर्तित होती है परन्तु जल से इतनी शीघ्र गर्मी नहीं निकलने पाती। अतः स्थल से जल का तापमान सदैव ऊँचा रहता है। जल भागों पर हवा का तापमान अधिक होने से वह ऊपर उठेगी और उसका स्थान लेने के लिए समीप से ठण्डी हवाएँ जल भागों की ओर चलने लगेंगी। किन्तु इस प्रकार से जल के ऊपर हवा ओस बिन्दु (Dew point) से भी नीचे शीतल हो सकती है। ऐसी अवस्था में वह हवा अपने में इतनी भाप रखने में असमर्थ हो जाती है जितनी कि वह पहले रख सकती थी। इस कारण अतिरिक्त भाप धुंध के रूप में बदल जाती है अर्थात् वायुमण्डल में जल के छोटे-छोटे कण इतनी अधिक मात्रा में फैल जाते हैं कि उनसे दृश्यता (visibility) घट जाती है। यह कह सकना कठिन है कि कब धुंध कुहरे में बदल जाती है। परन्तु अधिकतर कुहरा घनी धुंध का प्रतिरूप (Dense Mists) ही होता है। प्रायः धुंध सूर्योदय और सूर्यास्त के समय नदियों तथा अन्य जलाशयों व समुद्र पर छायी हुई देखी जाती है।

ओस (Dew)

वायुमण्डल में सदा ही न्यूनाधिक रूप में भाप विद्यमान रहती है। यही भाप ओस आदि का कारण होती है। जब कभी धरातल इतना अधिक शीतल हो जाता है कि उससे लगी हुई हवा का तापमान ओस बिन्दु पर पहुँच जाता है तो हवा में विद्यमान भाप ओस रूप में बदल जाती है। अतः जो भाप ठण्ड पाकर पृथ्वी के धरातल पर ही जल-कणों में परिणत हो जाती है उसे ओस कहते हैं।

आधुनिक काल में ओस के सम्बन्ध में जो प्रयोग किये गये हैं उनसे यह सिद्ध होता है कि ओस भूमि तल के निम्न भाग से उठने वाली भाप के द्वारा ही बनती है। इस प्रकार साधारण अवस्था में धरातल पर मिलने वाली घास, वृक्ष और अन्य छोटे पौधे ही ओस बनने के कारण हैं। घास और वृक्ष आदि भूमि से तरी खींचते रहते हैं। यही तरी हवा की गर्मी से भाप रूप में बदल जाती है। रात्रि को धरातल की शीतलता के कारण हवा इस भाप को पुनः ओस की बूंदों के रूप में छोड़ देती है। वर्षा ऋतु में चारों ओर हरियाली और तरी रहती है, इस कारण शीतलता कम होने से भी ओस बन जाती है। परन्तु जाड़े में अधिक शीतलता के कारण ही ओस गिरती है। वर्ष में प्रायः जाड़े में ही अधिक ओस पड़ा करती है। इसका प्रमुख कारण यह है कि गर्मी की ऋतु में दिन बड़े होने के कारण दिन में प्राप्त गर्मी रात भर में परावर्तित नहीं हो पाती। फलतः गर्मी बहुत बढ़ जाती है और हवा का तापमान ओस बिन्दु तक नहीं पहुँचता जब तक कि उसमें और भाप न मिला दी जाय। जाड़े में इसके विपरीत रातें बड़ी होती हैं अतः दिन में प्राप्त गर्मी आसानी से रात्रि में परावर्तित हो जाती है। इस कारण रात्रि को धरातल बहुत अधिक शीतल हो उठता है और उसके सम्पर्क में आने वाली हवा का तापमान ओस बिन्दु से भी कम हो जाता है और ओस गिरने लगती है।

ओस बनने के लिए अग्रलिखित परिस्थितियाँ अनुकूल रहती हैं :

(1) **दिन का गरम होना**—दिन में गर्मी की मात्रा एवं ओस गिरने की क्रिया में घनिष्ठ सम्बन्ध है। जब दिन में काफी गर्मी पड़ती है तो धरातल का जल अधिक मात्रा में वाष्पीकरण द्वारा वायु में मिल जाता है। रात्रि को यही जल ओस के रूप में बदल जाता है। यदि दिन को गर्मी कम हुई तो वाष्पीकरण कम होगा और फलस्वरूप रात्रि की ओस भी कम पड़ेगी।

(2) **मेघ रहित स्वच्छ आकाश**—रात्रि को भूमि विकिरण द्वारा अपनी गर्मी निकालकर ठण्डी हो जाती है। आकाश के स्वच्छ होने से विकिरण तेजी से होता है जिससे भूमि पर्याप्त ठण्डी हो जाती है। आकाश में बादल छाये होने पर विकिरण में बाधा होती है और भूमि ठण्डी नहीं हो पाती। भूमि के ठण्डा न होने पर ओस भी नहीं गिरती।

(3) **वायु का स्थिर होना**—जब वायु स्थिर होती है तो वह भूमि के सम्पर्क में अधिक देर तक रहकर ओसांक तक ठण्डी हो जायेगी और ओस गिरने लगेगी। लेकिन यदि वायु चलती रहे तो वह भूमि के सम्पर्क में इतनी देर तक नहीं रह पायेगी कि वह ओसांक तक ठण्डी हो जाये। अतः जिस रात्रि को वायु स्थिर होती है उस रात्रि को अधिक ओस पड़ती है।

(4) **वनस्पति की उपस्थिति**—वनस्पति होने पर वायु की आर्द्रता में वृद्धि हो जाती है, क्योंकि श्वासोच्छ्वास द्वारा वनस्पति जलवाष्प निकालती रहती है। जलवाष्प की अधिकता रहने पर ओस भी अधिक गिरती है।

ओस का नापना बहुत कठिन है। विश्व के उष्णतर खण्डों में ओस प्रायः अधिक गिरा करती है। बटाविया (Batavia) में साल भर का औसत 1 इंच से अधिक नहीं होता। शीतोष्ण प्रदेशों और उच्च अक्षांशों में तो ओस की मात्रा बहुत ही कम होती है। फिर भी शुष्क मौसम में पौधे सूखने से बच जाते हैं और भूमि तर हो जाती है। वस्तुतः पेड़-पौधों के लिए यह बड़ी उपादेय सिद्ध होती है। हमारे देश में उत्तरी भाग में शीतकाल में गेहूँ की फसल को ओस से बड़ा लाभ होता है। इस प्रकार आर्थिक दृष्टि से ओस का हमारे जीवन में बड़ा महत्त्व है। इजरायल में कृषक ओस के द्वारा खेतों में सिंचाई की व्यवस्था कर लेते हैं। वहाँ मरुस्थल होने से सर्वत्र रेत ही रेत पाया जाता है। किसान लोग मिट्टी के टीलों पर पत्थर डाल देते हैं। रात्रि को पत्थर पर ओस जम जाती है और वह फिसलकर जल के रूप में मिट्टी में मिल जाती है। वहाँ ऐसे टीलों को ओस के टीले (Dew mounds) कहा जाता है। इंग्लैण्ड के अन्दर साउथ डाउन्स में किसान लोग ओस को गड्ढे खोदकर जल के रूप में एकत्रित कर लेते हैं जो भेड़-बकरियों के लिए उपयोगी सिद्ध होता है। इसके लिए किसान लोग भूमि में गड्ढे बना देते हैं और उन्हें घास-फूस से ढक लेते हैं। प्रातः इन गड्ढों में प्रचुर मात्रा में पानी इकट्ठा हो जाता है। रात्रि को समुद्र से जो धुंध वहाँ आती है, वस्तुतः उस धुंध की जलवाष्प से ही ये गड्ढे पानी से भर जाते हैं। वहाँ इन गड्ढों को ओस ताल (Dew ponds) कहा जाता है।

पाला (Hoar-frost)

‘पाला’ शब्द का प्रयोग धरातल पर अथवा घास-पत्तियों पर भाप के ठोस अवस्था में हल्की चमकदार बर्फ के तह के रूप में जम जाने के लिए किया जाता है। कभी-कभी 32° फा० या उससे नीचे का तापमान भी पाले का द्योतक माना जाता है। यद्यपि सफेद बर्फ जैसी किसी भी वस्तु का जमाव न हुआ हो। ऋतुविज्ञान की दृष्टि से पाला एक प्रकार का ओस है जो कि हिमांक बिन्दु के नीचे जमता है।

सभी अवस्थाएँ जो कि धरातल को शीघ्र और निरन्तर शीतल करने में योग देती हैं पाले के लिए आदर्श होती हैं। शुष्क वायु, स्वच्छ आकाश तथा शान्त रातें पाले के लिए अनुकूल अवस्थाएँ हैं। इनके द्वारा ही धरातल की वायु का तापमान संचालन और परावर्तन द्वारा हिमांक

बिन्दु के नीचे पहुँच जाता है। शीतल ध्रुवीय वायु-राशि का आगमन भी बड़ा लाभप्रद होता है। स्वच्छ निर्मल आकाश और शुष्क वायु दिन में प्राप्त उष्णता को शीघ्र परावर्तित करने में सहायक होती है और शान्त वायु आयी हुई शीतल वायु को एक ही स्थान पर स्थिर रखने में सहायक होती है। इससे वायु का ताप एकदम गिर जाता है और उसमें निहित वाष्प सघन होकर जम जाती है।

पाला अपने प्रभाव में कई तरह का होता है। कभी-कभी पाले का प्रभाव इतना हानिकर होता है कि उससे वनस्पति तथा पैदावार नष्ट हो जाती है। ऊँचे और मध्य अक्षांशों के अधिकतर भागों में बसन्त और पतझड़ में होने वाला पाला अधिक हानिप्रद होता है। ध्रुवीय प्रदेशों की ओर उत्तरी कनाडा और उत्तरी यूरेशिया में ग्रीष्म में पड़ने वाला पाला अनाज की फसलों को अधिक हानि पहुँचाता है। उष्ण प्रदेशों में कदाचित् ही पाला गिरता है। पाला किसी स्थान की रचना के अनुसार घटता-बढ़ता रहता है।

ओला और बिजली (Hail and Lightning)

वायुमण्डल में व्याप्त जलवाष्प कई रूपों में प्रकट होती है। ओला भी उसका एक रूप है। कभी-कभी भयंकर झंझावात के समय होने वाली वर्षा ओलों के रूप में होती है। धरती पर गिरने वाले बड़े-बड़े ओलों की परीक्षा करने से ज्ञात हुआ है कि ओले बर्फ के पतले परतों से मिलकर प्याज की भाँति बने होते हैं। ओलों के बनने और धरती तक आने के विषय में यह विश्वास किया जाता है कि जहाँ हिम-कण बन जाते हैं वहाँ वायु की वेग धाराएँ ऊपर-नीचे बहती हैं। ये धाराएँ हिम-कणों को भी ऊपर-नीचे नचाती हैं। हिम-कणों के वायु धाराओं के साथ ऊपर-नीचे नाचते रहने से परस्पर टकराकर एक-दूसरे से गुँथ जाते हैं और जब हवा के झोंके उन्हें सँभाल नहीं सकते तो वे धरती के ऊपर वेग से गिर पड़ते हैं।

ओले घनी मेघराशि में उत्पन्न होते हैं। यहीं से आकाश में बिजली चमकती है। बादलों के भीतर जल-कण सदा धनात्मक (positive) विद्युत से युक्त होते हैं। बादलों के शेष भाग में ऋणात्मक (negative) विद्युत वायु को ऊपर उठाती हुई धाराओं के साथ पहुँच जाती है। इस प्रकार बादलों के भीतर जल के कणों पर विद्युत एकत्रित हो जाती है। जब बादल वेग के साथ एकत्रित होते हैं तब बहुत-से छोटे-छोटे जल-कण संयुक्त होकर बड़े हो जाते हैं। इसलिए इनकी विद्युत-शक्ति भी इतनी बढ़ जाती है कि उनकी बीच की हवा अलग हो जाती है और विद्युत चिनगारी के रूप में बादल के एक सिरे पर टूटती है। यह क्रिया बार-बार होती है और इसमें कड़क भी होती है। जब विद्युत लम्बी धारी के आकार में चमकती है तो उसके बाद कोई गर्जन नहीं सुनाई देती। पर जब विद्युत मुद्राकार और सर्पाकार रूप में बार-बार चमकती है तो वह अपने आगे की हवा को हटा देती है। तब दूसरी हवाएँ उस रिक्त स्थान को भरने के लिए तेजी से दौड़ पड़ती हैं, जिससे विशाल एवं तीव्र ध्वनि होती है। इसकी प्रतिध्वनि बादलों के पीछे भी होती रहती है। बिजली की कड़क और चमक में सदैव अन्तर रहता है। इसका कारण यह है कि प्रकाश का वेग शब्द के वेग की अपेक्षा दस लाख गुना अधिक है, अतः सदैव पहले बिजली की चमक दिखाई देती है और उसके कुछ देर बाद गरज सुनाई देती है।

तड़ित-झंझा (Thunder Storms)

वायुमण्डल में जब नीचे की वायु उष्ण और नम होती है तो स्वभावतः वह ऊपर उठती है। ऊपर उठकर ऐसी वायु घने कपासी मेघों को जन्म देती है जो आकाश में 10 से 50 मील की लम्बाई में फैल जाते हैं। इन बादलों का कभी-कभी शिखर एक मील से भी ऊँचा पाया जाता

है। ऊपर उठती हुई वायु की गति जब तीव्र होती है और बादलों का असीमित विस्तार हो उठता है तो प्रायः वे अपने सिरे पर कपासी बादलों की तरह के रूप में फैल जाते हैं और उसी समय उनके नीचे अर्थात् आधार (base) से वर्षा होने लगती है। यदि वर्षा घनघोर रूप में होती है। तो बीच में विद्युत-चमक और बादलों की गड़गड़ाहट भी सुनाई पड़ती है। अतः ऐसे ही तूफानों को जो बड़ी गर्जन-तर्जन के साथ आते हैं, तड़ित-झंझा (Thunder Storms) कहा जाता है।

प्रायः ऐसे झंझावात मेघाच्छन्न शान्त वायु की पेट्टी (doldrums) में अधिक आते हैं। वहाँ ये प्रायः दोपहर अथवा संध्या के समय आया करते हैं। उष्ण ग्रीष्म ऋतु में स्थल भागों पर भी ऐसे झंझा प्रायः देखने को मिलते हैं। ग्रीष्म में जब ऐसी तूफानी आंध्रियाँ आती हैं तो पहले जोरदार हवा के झोके आते हैं अथवा गर्जन सुनाई पड़ती है और धीरे-धीरे बादलों का समूह आगे बढ़ता चला जाता है। वर्षा होने के पूर्व इन बादलों के आगे धूल के बादल उठते हैं और तेजी से इधर-उधर दौड़ते हैं।

झंझावातीय बादलों के विकास के समय वायु के जल-कण विद्युतयुक्त हो जाते हैं। जब जल-कण इतने बड़े हो उठते हैं कि वर्षा के रूप में गिर जायँ तो बूंदों के टूटने से विद्युत बादल के एक भाग से दूसरे भाग में अथवा बादल से भूमि तक पहुँच जाती है और तभी बिजली की चमक एक धारा (flash) के रूप में दिखाई पड़ती है। जब बिजली चमकती है तो वह अपने आगे की हवा को हटा देती है जिससे दूसरी हवाएँ उस रिक्त स्थान को भरने के लिए तेजी से दौड़ पड़ती हैं। विद्युत धारा के साथ हवाओं के इस प्रकार दौड़ने से बड़ा भारी उद्घोष होता है। यही उद्घोष बादलों की गर्जना (thunder) कहलाता है। बादलों में इस गर्जन की तुलना ठीक कोड़े के झटके से उत्पन्न ध्वनि से की जा सकती है। कभी-कभी बादलों से उत्पन्न गर्जन काफी देर तक सुनाई देती है, ऐसी लम्बी गर्जना कुछ तो लम्बी विद्युत धारा के विभिन्न भागों से आने वाली निरन्तर ध्वनि के कारण होती है और कुछ बादलों अथवा पहाड़ियों और गिरि-श्रृंगों से उत्पन्न प्रतिध्वनि के कारण होती है। इन विकराल तूफानों के साथ प्रायः घनघोर और प्रलयकारी वर्षा होती है, जिसे साधारणतया बादल का फटना (cloud burst) कहा जाता है। जब कभी ऐसी वर्षा का प्रकोप एक छोटे-से क्षेत्र पर होता है तो वहाँ प्रलय का दृश्य उपस्थित हो जाता है।

साधारणतः ऐसे झंझावात स्थानीय होते हैं और प्रायः उस समय आते हैं जबकि चक्रवात उत्पन्न होने को होते हैं। ये अधिकतर ग्रीष्म ऋतु में गरम और आर्द्र दिनों में आते हैं। इनकी अवधि बड़ी अल्प होती है। ये आधा घण्टे के भीतर ही अपनी जीवन-लीला समाप्त कर लेते हैं। यद्यपि ये अल्पकालीन होते हैं परन्तु इनकी विध्वंसक शक्ति बड़ी भयंकर होती है।

हिमपात (Snow-fall)

हिमपात वर्षा का ठोस रूप है। भाप के सघन होते समय जब हवा का तापमान 32° फा० से कम हो जाता है तो भाप हिम-कणों के रूप में प्रकट होती है। हिम बनने की क्रिया में जलवाष्प वायव्य अवस्था से सीधी ठोस अवस्था को प्राप्त हो जाती है। हिम के अति सूक्ष्म कण आपस में मिलकर सुन्दर श्वेत रेशों (flakes) में बदल जाते हैं और धूँध के समान वायुमण्डल में छाये रहते हैं। ऐसे श्वेत हिम की वर्षा जब धरती पर होती है तो बड़ा ही मनोरम दृश्य उपस्थित हो जाता है। धरती पर ऐसी हिम-वर्षा तभी होती है जब वायुमण्डल का तापमान 32° फा० के आसपास हो, अन्यथा हिम-कण मार्ग में ही पिघलकर जल-कणों का रूप ग्रहण कर लेंगे। प्रायः ऐसी अवस्था ध्रुव प्रदेशों और शीतोष्ण कटिबन्ध में जाड़े की ऋतु में देखी जाती है। यही कारण है कि इन भागों में हिमपात बड़ी मात्रा में होता है। ऊँचे पर्वतीय भागों में जहाँ हवा में पर्याप्त आर्द्रता रहती है और हवा का तापमान भी कम रहता है, भारी हिमपात होता है।

हिमपात वर्षा का ही दूसरा रूप है। वर्षा के मानचित्र में हिमपात की मात्रा भी सम्मिलित होती है। अनुमानतः 12 इंच हिम 1 इंच वर्षा-जल के बराबर माना जाता है परन्तु इसका यह अनुपात हिम के घनत्व के अनुसार बदलता रहता है। कभी-कभी 3 इंच हिम 1 इंच वर्षा-जल के बराबर होता है। यदि हिम वायुमण्डल में काफी ऊँचाई पर बना हो और धरातल का तापमान 32°F से ऊँचा हो तो हिम मार्ग में ही जलसीकरो का रूप धारण कर धरातल पर बूंदों के रूप में बरस पड़ेगा। मध्य अक्षांशों में होने वाली अधिकतर वर्षा का सूत्रपात हिम के रूप में ही होता है।

हिमपात मनुष्य के लिए सुखद भी है और दुखद भी। भारी हिमपात के कारण रेल और सड़क-यातायात एकदम पंगु हो जाते हैं और हजारों भेड़े तथा पशु दबकर मर जाते हैं। जब हिमपात के साथ प्रचण्ड हवा चलती है तो उसकी भयंकरता और भी बढ़ जाती है। हिमपात के कारण जमी बर्फ से ग्रीष्म में नदियों में भयंकर बाढ़ें आती हैं जिससे धन-जन को अपार क्षति उठानी पड़ती है। रूस में प्रति वर्ष ग्रीष्म में ऐसी बाढ़ें आया करती हैं। सन् 1947 के बसन्त में ग्रेट ब्रिटेन में बर्फ पिघलने के पश्चात् आयी हुई बाढ़ों के कारण किसानों को जो क्षति हुई वह 2,00,00,000 पौण्ड के लगभग आँकी गयी थी।¹ इसके विपरीत कई देशों में जाड़े में होने वाला हिमपात स्वागत योग्य समझा जाता है, क्योंकि इससे बिना पहिये की गाड़ियों और लकड़ी के फिसलाने में बड़ी सहायता मिलती है। पूर्वी कनाडा, फिनलैण्ड आदि ठण्डे देशों में लकड़ी काटने, लट्ठे बहाने और लकड़ी चीरने आदि का व्यवसाय इसी बर्फ पर निर्भर करता है। शीतकाल में हिमपात के कारण धरातल पर जो बर्फ एकत्रित हो जाती है वह धीरे-धीरे पिघलती है। इसलिए जहाँ हिमपात होता है वहाँ कई फुट की गहराई तक भूमि तर हो जाती है। भूमि की इस तरी से खेती में बड़ा लाभ पहुँचता है। कनाडा के प्रेरीज के मैदानों में भूमि इसी प्रकार तर रहती है, जिससे फसल पैदा करने में बड़ी सहायता मिलती है। बर्फ की तहें अपने नीचे दबी हुई वनस्पति को पाले की विषम ठण्ड से बचाती हैं। स्टेपी के मैदानों में जाड़े के अन्दर बर्फ नहीं जमी रहती है। अतएव वहाँ रात्रि के समय बहुत शीघ्र ताप परावर्तित हो जाता है और भूमि शीतल हो जाती है। इसी कारण इस प्रदेश में पेड़-पौधे नहीं उगते।

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 227

वायु-राशियाँ और वाताग्र (AIR-MASSSES AND FRONTS)

वायु-राशियाँ (Air-Masses)

वायुमण्डल की दशा कभी एकसी नहीं रही। वह प्रायः बदलती रहती है। वायुमण्डल की दशाओं को बदलने में तापमान, वायुदाब और वायु की आर्द्रता का ही विशेष हाथ होता है। परन्तु कभी-कभी वायुमण्डल की दशाओं में असाधारण परिवर्तन देखे जाते हैं। ये असाधारण परिवर्तन वायुमण्डल में चलने वाली विभिन्न वायु राशियों के कारण होते हैं। अनेक स्थानों पर उठने वाले चक्रवात और वहाँ प्रति क्षण परिवर्तित होने वाले मौसम के पीछे इन्हीं वायु-राशियों का हाथ होता है। अतः पृथ्वी के विभिन्न भागों में चलने वाले चक्रवातों का समुचित ज्ञान करने तथा जलवायु और मौसम को भली प्रकार समझने के लिए वायु-राशियों का ज्ञान नितान्त ही आवश्यक है।

वायु-राशि वायुमण्डल का ही अंग है। वस्तुतः वायु-राशि वायुमण्डल के उस विस्तृत तथा सघन भाग को कहा जाता है जिसमें विभिन्न ऊँचाई पर क्षैतिज रूप से तापमान और आर्द्रता की अवस्थाएँ एक समान होती हैं। फिन्च एवं ट्रीवार्था के शब्दों में, 'वायु-राशि वायुमण्डल का वह विस्तीर्ण भाग है जिसकी तापमान और आर्द्रता सम्बन्धी विशेषताएँ क्षैतिज रूप में अपेक्षाकृत एक समान हों'।¹

पेटरसन महोदय ने वायु-राशि की व्याख्या करते हुए कहा है कि "An air mass is a huge body of air whose physical properties, notably temperature and humidity are more or less uniform horizontally."² अर्थात् वायु-राशि वायु का एक वृहद् भाग है जो अपने भौतिक गुणों मुख्यतः तापमान और आर्द्रता में क्षैतिज रूप से लगभग एक समान होता है। न्यूबर्जर तथा स्टेपहेन्स के अनुसार, "वायु का वह वृहद् समूह जो प्रत्येक स्तर पर तापमान और आर्द्रता की लगभग समान अवस्थाएँ रखता है, वायु-राशि कहलाता है।"³

¹ "An air-mass is an extensive portion of the atmosphere whose temperature and humidity characteristics are relatively uniform in horizontal direction."
—Trewartha : *Fundamentals of Physical Geography*, p. 189

² Petterson : *Weather Analysis and Forecasting*

³ "A large body of air having more or less uniform temperature and moisture characteristics at each level is called an air mass."—Neuberger and Stephens : *Weather and Man*

उपरोक्त विवेचन से स्पष्ट है कि वायु-राशि का तापमान और उसकी आर्द्रता की अवस्थाएँ प्रायः एकसी होती हैं। ये अवस्थाएँ धरातल पर समान होती हैं। धरातल से ऊपर उठने पर इन अवस्थाओं में परिवर्तन हो जाता है। वायु-राशि का विकास उसी अवस्था में होता है जब वायु-मण्डल एक लम्बे-चौड़े समान धरातल वाले भाग पर पर्याप्त काल तक शान्त रूप से बना रहे, जिससे वायु के तापमान और आर्द्रता की अवस्थाओं और उसके नीचे धरातल की अवस्थाओं में साम्य स्थापित हो जाय। इस प्रकार वायु-राशि के तापमान और आर्द्रता के गुण धरातल से ही प्राप्त होते हैं। धरातल के ऐसे एकसमान क्षेत्र जहाँ वायु-राशियों की उत्पत्ति होती है, वायु-राशि के उत्पत्ति क्षेत्र (source region) कहलाते हैं।

वायु-राशियों के सम्बन्ध में यह बात विशेष ध्यान देने योग्य है कि जब एक बार वायु-राशि का विकास हो जाता है तो वह बहुत समय तक अपने उत्पत्ति क्षेत्र में नहीं बनी रहती। कभी न कभी वह अपना स्थान छोड़कर अन्य दूसरे स्थानों को चल देती है। दूसरे स्थानों पर पहुँच जाने पर वे वहाँ के मौसम पर अत्यधिक प्रभाव डालती हैं। ऐसी भीमकाय और एकसी वायु-राशि धरातल पर अपने उत्पत्ति क्षेत्र से बहुत दूर-दूर तक पहुँच जाती है। अपने उत्पत्ति क्षेत्र से बहुत दूर निकल जाने पर भी इनमें बहुत अधिक वही भौतिक गुण बने रहते हैं जो कि उत्पत्ति क्षेत्र से ये प्राप्त करती हैं। वायु-राशि में परिवर्तन बड़ा धीरे-धीरे हुआ करता है, अतः इनके भीमकाय आकार और मन्द परिवर्तन के कारण इनकी दिन-प्रतिदिन की गति और नवीन वातावरण—जिस ओर यह चल रही है—के द्वारा किये गये परिवर्तनों को सरलता से ज्ञात किया जा सकता है। जब एक वायु-राशि अपने उत्पत्ति क्षेत्र को छोड़कर दूर चली जाती है तो न केवल वह नये वातावरण से ही प्रभावित होती है अपितु बदले में उस प्रदेश के मौसम को भी परिवर्तित कर देती है।

वायु-राशियों के उत्पत्ति क्षेत्र (Source-Regions of Air-Masses)

वायु-राशियों में एकरूपता (uniformity) का पाया जाना उनका मुख्य लक्षण है। अतः वायु-राशियों के मुख्य उत्पत्ति क्षेत्र ससार के उन्हीं भागों में पाये जा सकते हैं जहाँ धरातल लगभग एक समान हो। अतः भूतल के ऐसे एक समान क्षेत्र जहाँ वायु-राशियों की उत्पत्ति होती है, वायु-राशि के उत्पत्ति क्षेत्र (source region) कहलाते हैं। एक आदर्श उत्पत्ति क्षेत्र के लिए निम्न दशाएँ होनी चाहिए :

(1) वह क्षेत्र बहुत विस्तृत और समान स्वभाव वाला हो ताकि उस क्षेत्र में तापमान और आर्द्रता की दशाएँ भी समान हो सकें।

(2) उत्पत्ति क्षेत्र या तो पूर्ण रूप से स्थल भाग हो अथवा समुद्री भाग। स्थल एवं जल के मिले-जुले भागों में तापमान और आर्द्रता की दशाओं में समानता नहीं रह सकती।

(3) वायुमण्डल की दशाएँ लम्बे समय तक स्थिर होनी चाहिए जिससे कि वायुराशि धरातलीय विशेषताओं को पूरी तरह अपने भीतर ग्रहण कर सके।

(4) उत्पत्ति क्षेत्र में वायु का अभिसरण (convergence) नहीं होना चाहिए। इस प्रक्रिया के कारण वायु में तापमान की विषमता उत्पन्न होगी जो वायुराशि के विकास पर प्रतिकूल प्रभाव डालेगी।

(5) यदि कहीं वायु में क्षैतिज गति हो तो वह अपसरण (divergence) के रूप में होनी चाहिए।

उपरोक्त विवेचन से स्पष्ट है कि वायु-राशियों की उत्पत्ति के लिए सर्वाधिक अनुकूल अवस्थाएँ उस क्षेत्र में पायी जायेगी, जहाँ प्रति चक्रवातीय वायु व्यवस्था (Anti-cyclonic wind

system) पायी जाती हो। इस आधार पर हम वायु-राशियों के उत्पत्ति क्षेत्रों को निम्न भागों में बाँट सकते हैं :

(1) **ध्रुवीय और ध्रुववृत्तीय महाद्वीपीय क्षेत्र (The Arctic and Polar Continental Source)**—जाड़े की ऋतु में ध्रुववृत्तीय बर्फीले मैदान और उत्तरी अमरीका तथा यूरेशिया महाद्वीप के बर्फ से ढके हुए भाग इस क्षेत्र के अधीन होते हैं। यह क्षेत्र पूर्णतः प्रति-चक्रवातीय पवनों से प्रभावित रहता है। ग्रीष्म ऋतु में इन महाद्वीपों के केवल उत्तरी भाग ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशि के उत्पत्ति क्षेत्र बन जाते हैं।

(2) **उष्ण कटिबन्धीय समुद्री क्षेत्र (The Tropical Maritime Source)**—इसमें उपोष्ण प्रति-चक्रवात (sub-tropical anti-cyclones) के प्रदेश सम्मिलित हैं। यहाँ घरातल एकसा पाया जाता है और वायु-व्यवस्था मूलतः प्रति-चक्रवातीय रहती है।

(3) **उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय क्षेत्र (The Tropical Continental Source)**—शीतकाल में यह उत्तरी अफ्रीका तक ही सीमित रहता है, परन्तु ग्रीष्म में यह अफ्रीका, एशिया और दक्षिणी यूरोप के विस्तृत भागों तक फैला रहता है। उत्तरी अमरीका में ग्रीष्मकाल में मिसिसिपी के पश्चिम का शुष्क प्रदेश भी इसका क्षेत्र बन जाता है।

(4) **ध्रुवीय समुद्री क्षेत्र (The Polar Maritime Source)**—यह क्षेत्र उत्तरी और उत्तरी-पूर्वी अन्ध महासागर तथा प्रशान्त महासागर में फैला रहता है। जाड़े के दिनों में ध्रुवीय महाद्वीपीय क्षेत्रों से समीपीय समुद्रों की ओर बड़ी तीव्रता से हवाएँ चला करती हैं।

(5) **विषुवतरेखीय क्षेत्र (The Equatorial Source)**—यह क्षेत्र सन्मार्गी हवाओं के बीच विषुवतरेखीय पेटों में फैला रहता है। यहाँ का घरातल बहुत अधिक समरूप पाया जाता है। चूँकि यह पेटों प्रमुखतः समुद्रों पर फैली हुई है, अतः विषुवतरेखीय वायु में जलवाष्प की मात्रा बहुत अधिक रहती है। यहाँ नीचे का घरातल गरम होने से वायु-राशि प्रायः अस्थिर होती है।

(6) **मानसूनी क्षेत्र (The Monsoon Source)**—इसमें एशिया का दक्षिणी और दक्षिणी-पूर्वी भाग शामिल है। शीतकाल में ध्रुवीय महाद्वीपीय (polar continental) क्षेत्र से ठण्डी हवाएँ एशिया की पर्वत-मालाओं को पार कर विषुवत रेखा की ओर चला करती हैं। परन्तु ग्रीष्म में हवाएँ विषुवतरेखीय प्रदेश से दक्षिणी एशिया के भीतर चलती हैं। फलतः जाड़े की ऋतु अपेक्षाकृत ठण्डी और बहुत अधिक शुष्क होती है परन्तु ग्रीष्मकाल में ऊँचे तापमान, ऊँची सापेक्ष आर्द्रता और भारी वर्षा हुआ करती है।

वायु-राशियों का वर्गीकरण (Classification of Air-Masses)

वायुराशियों का विचार सर्वप्रथम नार्वे निवासी बी. विजकिन्स ने प्रस्तुत किया था। उसने वायुराशियों को दो प्रकार से वर्गीकृत किया :

- (1) भौगोलिक वर्गीकरण
- (2) उष्मागतिक वर्गीकरण

(1) भौगोलिक वर्गीकरण

वायुराशियों का भौगोलिक वर्गीकरण उनके उत्पत्ति क्षेत्रों पर आधारित है जिनका वर्णन हम पीछे कर चुके हैं। भौगोलिक वर्गीकरण संक्षिप्त रूप से आगे दिया जा रहा है :¹

¹ Petterssen ; *Introduction to Meteorology*, p. 128

चिह्न	नाम	जाड़े का स्रोत	ग्रीष्म का स्रोत	विशेष
A	ध्रुव वृत्तीय (Arctic)	1	1	ग्रीष्म में महत्वहीन जाड़े में तीव्र
Pc	ध्रुवीय महाद्वीपीय (Polar cotinental)	2	2	
Pm	ध्रुवीय समुद्री (Polar maritime)	3	3	
Tc	उष्ण महाद्वीपीय (Tropical continental)	6	4	ग्रीष्म में मुख्य
Tm	उष्ण समुद्री (Tropical maritime)	7 से 5	5	
E	विषुवतरेखीय (Equatorial)	8	6	
M	मानसून (Monsoon)	9	7	
S	सुपीरियर (Superior)	मध्य अक्षांशों में स्वच्छ वायुमण्डल में प्रतिचक्रवातों में नीचे उतरती हुई वायु द्वारा बनती है।		

(2) उष्मागतिक वर्गीकरण

जब किसी क्षेत्र में वायु-राशि का आविर्भाव हो जाता है तो वह उस क्षेत्र की वायुदशाओं को आत्मसात कर आगे बढ़ जाती है। आगे चलते समय ये अपने मार्ग में पड़ने वाले क्षेत्र के न केवल मौसम को ही प्रभावित करती हैं अपितु उनके तापमान और आर्द्रता में भी परिवर्तन उपस्थित कर देती हैं। किन्तु ऐसा परिवर्तन निम्न तीन बातों पर निर्भर करता है : (i) स्थलीय अथवा जलीय सतह का स्वभाव, (ii) उत्पत्ति क्षेत्र से प्रभावित क्षेत्र तक वायु-राशि का गमन मार्ग और (iii) उत्पत्ति क्षेत्र से प्रभावित क्षेत्र में पहुँचने की अवधि।

जब किसी वायु-राशि के निचले भाग का तापमान उस सतह से कम होता है जिस पर वह पहुँचती है तो वायु-राशि का निचला भाग सतह के अधिक तापमान के कारण गर्म होने लगता है। फलस्वरूप वायु-राशि में लम्बवत गति होने लगती है और अस्थिर (unstable) हो जाती है। इसके विपरीत जब वायु-राशि के नीचे के भाग का तापमान उस सतह से अधिक होता है, जिस पर वह पहुँचती है तो वायु-राशि नीचे से ठण्डी होती है। परिणामस्वरूप उसमें लम्बवत गति रुक जाती है और वह स्थिर (stable) हो जाती है। उपरोक्त विवेचना से यह स्पष्ट हो जाता है कि जब वायु-राशि धरातलीय तापमान की अपेक्षा गर्म होती है तो वह गर्म वायुराशि (W) कहलाती है, परन्तु जब वह धरातलीय तापमान की तुलना में ठण्डी होती है तो वह ठण्डी वायुराशि (K) कहलाती है। इस प्रकार गर्म वायु-राशि का उच्च तापमान और ठण्डी वायुराशि का न्यून तापमान से कोई सम्बन्ध नहीं है। वायु-राशि का गर्म अथवा ठण्डा होना वस्तुतः उसके नीचे स्थित धरातल के तापमान पर निर्भर करता है।

वायु-राशियों में उष्मागतिक परिवर्तन उस समय भी हो जाता है जबकि बाहर से उसमें आर्द्रता का समावेश हो जाता है। जब किसी वायु-राशि में वायु नीचे से ऊपर उठती है तो वह अस्थिर होती है और जब वायु ऊपर से नीचे उतरती है तो वह स्थिर होती है। वायु-राशियों में ऐसा यान्त्रिक परिवर्तन क्रमशः चक्रवात और प्रतिचक्रवातों से सम्बन्धित होता है। इस प्रकार उष्मागतिक आधार पर वायु-राशियों के दो मुख्य प्रकार हैं : (i) उष्ण वायु-राशियाँ और (ii) शीतल वायु-राशियाँ। इनके पुनः स्थिर और अस्थिर दो भेद किये जाते हैं :

(1) ठण्डी वायु-राशियाँ—वे वायु राशियाँ जो अपने नीचे के धरातल से अधिक ठण्डी होती है, ठण्डी वायु-राशियाँ कहलाती हैं। इस प्रकार की वायु-राशियाँ अपने नीचे के धरातल से ताप ग्रहण करती रहती हैं जिससे शनैः-शनैः उनमें परिवर्तन होता रहता है।

(2) उष्ण-वायु-राशियाँ (Warm Air-masses)—वे वायु-राशियाँ जो अपने नीचे के धरातल से अधिक गरम होती हैं, उष्ण वायु-राशियाँ कहलाती हैं। वायु-राशियाँ नीचे के धरातल को अपना तापमान छोड़ती जायगी और नीचे से शीतल होती चलेगी।

वायु-राशियों के उपरोक्त दोनों वर्गीकरण जो उत्पत्ति क्षेत्रों और वायु-राशि के भिन्न चरित्रों पर आधारित हैं, वस्तुतः एक-दूसरे से भिन्न होते हुए भी एक-दूसरे के पूरक हैं। जैसे 'ध्रुवीय समुद्री शीतल वायु-राशि' (a cold mass of maritime polar air) से आगम्य उस विशाल वायु-राशि से है जो कि ध्रुवों से पैदा हुई है और जो ऐसे समुद्रों से होकर गुजर रही है जो कि वायु से अधिक उष्ण हैं। जिस ऋतु और समय में यह वायु-राशि समुद्र के प्रभाव में रहती है यदि उसको हम ध्यान में रखें और विचार करें तो वायु-राशि के उपरोक्त नाम से हमें एक निश्चित मौसम का, जो उस पूरी वायु-राशि का लक्षण है, भान हो जायगा।

शीतल वायु राशि के गुण (Properties of a Cold Air-mass)

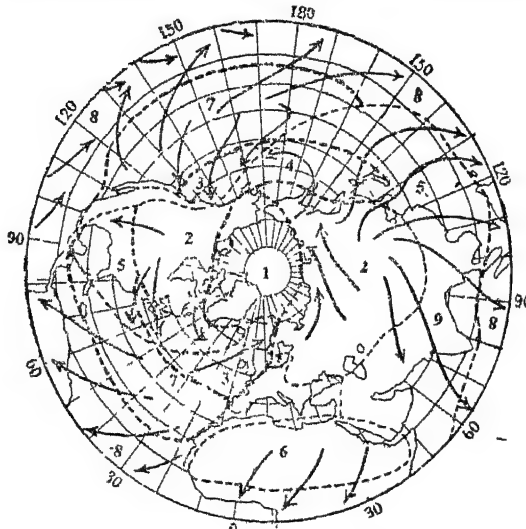
साधारणतः शीतल वायु-राशियों के उत्पत्ति क्षेत्र ध्रुववृत्तीय और ध्रुवीय प्रदेश होते हैं। किन्तु जाड़े की ऋतु में शीतल वायु-राशियाँ 30° उत्तरी अक्षांश तक महाद्वीपों पर भी पतन सकती हैं। अपने उत्पत्ति क्षेत्रों में वायु-राशियाँ नीचे से शीतल होती हैं और इनमें निम्न लक्षण देखे जाते हैं :

- (1) स्थायी स्तरों का पाया जाना (मुख्यतः नीचे के भाग में),
- (2) निम्न सापेक्षिक आर्द्रता,
- (3) न्यून तापमान।

जब ऐसी वायु-राशि किसी कारणवश उष्ण भागों की ओर चल देती है तो वह वहाँ उस धरातल से भी न्यून तापमान पर पहुँचेंगी जिस पर वह चल रही है। वायु-राशि तब नीचे से गरम होती जायगी और शीघ्र ही नीचे की तहों में अस्थिरता उत्पन्न हो जायगी। यह अस्थिरता शनैः-

शनैः ऊपर की ओर पहुँचती रहेगी। यदि वायु राशि में प्रारम्भ ही से तापमान की उल्टी अवस्था हुई तो वह शीघ्र ही नष्ट हो जायगी और उसमें संवहन धाराएँ चलने लगेंगी।

यदि वायु-राशि समुद्रों पर होकर गुजरती है तो वह नमी धारण कर लेगी और वह नमी संवहन धाराओं द्वारा बराबर ऊपर से ऊपर पहुँचती रहेगी। धीरे-धीरे उससे कपासीवर्षी (cumulonimbus) मेघ पैदा हो जायेंगे। यदि वायु-राशि स्थल से होकर गुजरती है तो यह नीचे से गरम होती जायगी। परन्तु वह बहुत अधिक नमी धारण नहीं करेगी। इस



चित्र 125—शीतकालीन वायु-राशियाँ

अवस्था में उपरोक्त बादलों का निर्माण नहीं होगा। इस अवस्था में बादलों की रचना तभी सम्भव है, जबकि अस्थिरता वायु में बहुत अधिक ऊँचाई तक पहुँच चुकी हो। इसी कारण महाद्वीपीय शीतल वायु-राशियों के पीछे सदैव स्वच्छ मौसम रहता है।

महाद्वीपो पर चलने वाली शीतल वायु-राशि और समुद्रों पर चलने वाली वायु-राशि में जो मुख्य भेद रहता है वह निम्न उदाहरण से स्पष्ट हो जायेगा। मान लीजिए, ग्रीष्म की वायु सस्केचवान (Saskatchewan) से दक्षिण की ओर टेक्सास को चलती है। यह वायु-राशि 30° फा० या उससे भी अधिक गरम हो जाने के उपरान्त भी स्वच्छ बनी रहती है और कुछ ही बिखरे हुए कपासी मेघ बन पाते हैं क्योंकि जब यह गरम होती है तो बहुत अधिक नमी धारण नहीं करती। इसके विपरीत जब शुष्क और शीतल वायु टेक्सास से मेक्सिको की खाड़ी की ओर चलती है तो तट से 160 किलोमीटर की दूरी पर यद्यपि वायु 15° फा० ही गरम हो पाती है—घने कपासी और कपासी-वर्षी मेघ दिखाई देने लगते हैं। क्योंकि वायु बहुत अधिक गरम होती रही है और साथ ही नीचे बड़ी मात्रा में नमी धारण करती रही है।

समुद्री शीतल वायु-राशि (maritime cold mass) अधोलिखित लक्षणों द्वारा पहचानी जा सकती है।

- (1) बढ़ती हुई आर्द्रता और तापमान।
- (2) ऊपर उठती हुई वायु के शीतल होने की तीव्र गति और अस्थिरता।
- (3) तूफान, झझावात और झोंके।
- (4) कपासी और कपासी-वर्षी मेघ।
- (5) परिवर्तनशील आकाश (काले से लेकर स्वच्छ और चमकता हुआ आकाश)।
- (6) बौछारों का होना, जो शीघ्र ही प्रारम्भ होती है और शीघ्र ही समाप्त हो जाती हैं।
- (7) बौछार के बीच में अच्छी दृश्यता होना।
- (8) बादलों के आधार की ऊँचाई सामान्य होती है, पर कभी भी एक हजार फुट से नीचे नहीं।

महाद्वीपीय शीतल वायु-राशि निम्न बातों द्वारा पहचानी जा सकती है :

- (1) बढ़ता हुआ तापमान और स्थिर आर्द्रता।
- (2) ऊपर उठती हुई वायु के शीतल होने की तीव्र गति और अस्थिरता।
- (3) बिखरे हुए कपासी बादल और यदाकदा कपासी-वर्षी।
- (4) मध्याह्न के उपरान्त दैनिक मेघाच्छन्नता।
- (5) यदि वर्षा होती है तो बौछारों के रूप में और बीच-बीच में चमकीले आकाश का दिखाई देना।

- (6) बदलती हुई दृश्यता (पर सामान्यतः अच्छी)।
- (7) बादलों के आधार की ऊँचाई कभी भी 2000 फुट से कम नहीं होती है।

जब समुद्री शीतल वायु-राशि ग्रीष्म में महाद्वीपों से होकर गुजरती है तो उसकी अस्थिरता तीव्र हो जाती है और बौछारों की गति व तीव्रता भी बढ़ जाती है। किन्तु जब समुद्री शीतल वायु-राशि महाद्वीपों से जाड़े में गुजरती है तो उसकी अस्थिरता घट जाती है और बौछारों की तीव्रता भी कम पड़ जाती है। धीरे-धीरे कपासी बादल फैलने लग जाते हैं और फैलकर स्तरी, स्तरी-कपासी या वर्षी-स्तरी मेघों के सदृश रूप धारण कर लेते हैं। यह प्रभाव पहले नीचे की तहों में दृष्टिगोचर होता है और फिर ऊपर की ओर बढ़ता जाता है।

जब एक महाद्वीपीय वायु-राशि ग्रीष्म में समुद्रों के ऊपर होकर चलती है तो उसमें

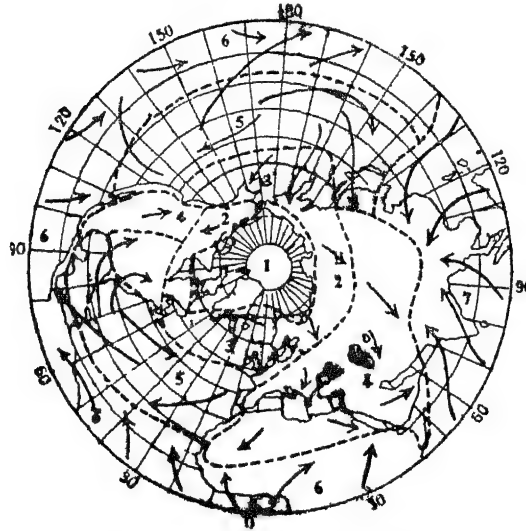
स्थिरता पैदा हो जाती है। पर जब महाद्वीपीय वायु-राशि समुद्र से जाड़ों में गुजरती है तो उसकी अस्थिरता बढ़ जाती है और बौछारों की गति और तीव्रता भी अधिक हो जाती है।

शीतल वायु-राशि में वर्षा की गतिविधि उसकी अस्थिरता के प्रभाव को नष्ट कर देती है। यह अवस्था इसलिए पैदा होती है कि वर्षा के समय छोड़ी गयी गुप्त ताप शक्ति (latent heat) संघनन की सीमा से भी अधिक हो जाती है। इस कारण एक दीर्घकालिक शीतल वायु-राशि क्रमशः स्थिर और सन्तुलित अवस्था को प्राप्त हो जाती है। यही कारण है कि प्रायः एक शीतल वायु-राशि जो संयुक्त राज्य अमरीका से अन्ध महासागर को पार कर पश्चिमी यूरोप को पहुँचती है, बड़ी ही स्थिर अवस्था में पहुँचती है। जो वायु-राशियाँ शीघ्रता से और सीधी ध्रुवीय प्रदेशों से चलकर आती हैं उनमें सर्वाधिक अस्थिरता पायी जाती है।

उष्ण वायु-राशियों के गुण (Qualities of Warm Air-Masses)

उष्ण वायु-राशियों के सबसे महत्वपूर्ण उत्पत्ति-क्षेत्र समुद्री भागों के उपोष्ण प्रति-चक्रवात हैं। ग्रीष्म में उष्ण वायु-राशियाँ दक्षिणी महाद्वीपों—विशेषकर प्रतिचक्रवातीय प्रदेशों—के ऊपर भी पनप जाया करती हैं।

उपोष्ण समुद्री प्रति-चक्रवातों की वायु उष्ण और स्थिर होती है। उसमें नमी की मात्रा भी



अधिक पायी जाती है। जब ऐसी वायु-राशि ठण्डे प्रदेशों की ओर चलती है तो उसका तापमान अपने नीचे के धरातल से बहुत अधिक होता है। वायु-राशि धीरे-धीरे नीचे से शीतल हो जाती है और उसकी निचली तहें लगातार स्थिर होती जाती हैं। इस प्रकार की स्थिरता जो वायु-राशि में बढ़ती जाती है, वायु विक्षोभों में बाधा पहुँचाती है और संवहन धाराओं को बिलकुल बन्द कर देती है। इस क्रिया का परिणाम यह होता है कि वायु-राशि की निचली तहें ही शीतल हो पाती हैं। वायु की ऊपरी तहें केवल विकिरण द्वारा शनैः-शनैः शीतल होती हैं। परन्तु यह

चित्र 126—उष्णकालीन वायु-राशियाँ

प्रभाव नगण्य होता है।

नीचे से बराबर शीतल होते रहने के परिणामस्वरूप पृथ्वी के धरातल की वायु ओस-बिन्दु से भी नीचे ठण्डी हो जाती है। ऐसी अवस्था में कुहरा उत्पन्न हो जाता है। यदि पवन की गति तेज हुई तो वायुमण्डल में ऊपर-नीचे वायु-धाराएँ चलने लग जायेंगी और तब कुहरे की अपेक्षा परतीले बादल बनने लगेंगे।

उष्ण वायु-राशि निम्न लक्षणों द्वारा पहचानी जा सकती है :

(1) ऊपर उठती हुई वायु के शीतल होने की स्थिर गति या निम्न तहों में उल्टे तापमान का पाया जाना।

(2) सूक्ष्म विक्षोभ, चुस्त पवनें।

(3) कमजोर दृश्यता।

- (4) ऊँची सापेक्षिक आर्द्रता ।
- (5) स्तरी मेघ, धुँध और कुहरा ।
- (6) बूँदाबाँदी का होना ।

जो हवा शान्त मेखलाओं (doldrums) या उपोष्ण प्रति-चक्रवातों के पश्चिमी भागों से आती है और जो ग्रीष्म में महाद्वीपों के ऊपर पैदा होती है, प्रायः अस्थायी रूप से अस्थिर (conditionally unstable) होती है। जब ऐसी वायु-राशि ठण्डे क्षेत्रों की ओर चलती है तो वह नीचे से स्थिर होगी, परन्तु ऊपर बहुत अधिक ऊँचाई पर वह अस्थायी तौर से अस्थिर बनी रहेगी। अतः इसमें घरातल के निकट उष्ण वायु-राशि के गुण होंगे, परन्तु ऊपर शीतल वायु-राशि के गुण रहेंगे। ऐसा मुख्यतः अयन-वृत्तीय वायु के साथ होता है।

जब एक उष्ण वायु-राशि उष्ण महाद्वीप को गर्मी में पार करती है तो उसमें शीघ्रता से अस्थिरता पैदा हो जाती है और वायु उष्ण-राशि से शीतल राशि में बदल जाती है। इसके विपरीत जाड़ों में स्थिरता बढ़ जाती है और विस्तृत भागों में कुहरा छा जाता है।

उपरोक्त विवेचना के आधार पर हम संसार की समस्त वायु-राशियों को मोटे रूप में 16 प्रकारों में विभक्त कर सकते हैं, जो निम्न प्रकार हैं।

महाद्वीपीय ध्रुवीय cP	{	1. महाद्वीपीय ध्रुवीय शीतल स्थिर वायु राशि (cPKS) ¹
		2. " " " अस्थिर " " (cPKU)
		3. " " " गर्म स्थिर " " (cPWS)
		4. " " " अस्थिर " " (cPWU)
सागरीय ध्रुवीय mP	{	5. सागरीय ध्रुवीय शीतल स्थिर वायु राशि (mPKS)
		6. " " " अस्थिर " " (mPKU)
		7. " " " गर्म स्थिर " " (mPWS)
		8. " " " अस्थिर " " (mPWU)
महाद्वीपीय उष्ण कटिबन्धीय cT	{	9. महाद्वीपीय उष्ण कटिबन्धीय शीतल स्थिर वायु राशि (cTKS)
		10. " " " " अस्थिर " " (cTKU)
		11. " " " " गर्म स्थिर " " (cTWS)
		12. " " " " अस्थिर " " (cTWU)
सागरीय उष्ण कटिबन्धीय mT	{	13. सागरीय उष्ण कटिबन्धीय शीतल स्थिर वायु राशि (mTKS)
		14. " " " " अस्थिर " " (mTKU)
		15. " " " " गर्म स्थिर " " (mTWS)
		16. " " " " अस्थिर " " (mTWU)

विभिन्न महाद्वीपों में पायी जाने वाली प्रमुख वायु राशियों का वर्णन आगे प्रस्तुत किया जा रहा है :

- ¹ c महाद्वीपीय (continental)
- P ध्रुवीय (Polar)
- K शीतल (Cold or Kalt)
- S स्थिर (Stable)
- U अस्थिर (Unstable)
- W गर्म (Warm)
- T उष्ण कटिबन्धीय (Tropical)
- m सागरीय (maritime)

उत्तरी अमरीका को वायु-राशियाँ (North American Air-Masses)

उत्तरी अमरीका में पायी जाने वाली प्रमुख वायु-राशियाँ निम्न है :

(1) **ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशियाँ** (Polar Continental Air-Masses)—ये वायु-राशियाँ शीतकाल में जन्म लेती हैं। इनका उत्पत्ति-स्थान आर्कटिक क्षेत्र, कनाडा का उत्तरी भाग तथा अलास्का है। ये वायु-राशियाँ शीतल और शुष्क होती हैं, इसलिए स्थिर रहती हैं। उत्तर से ये वायु-राशियाँ दक्षिण की ओर चलती हैं। मिसिसिपी के मैदान में पहुँचने पर ये अस्थिर हो जाती हैं। ये वायु-राशियाँ ग्रीष्म ऋतु में धरातल की अपेक्षाकृत शीतल होती हैं। अतः इनकी निचली तहें उष्ण धरातल के संसर्ग से गरम होकर अस्थिर (CPK) हो जाती हैं।

(2) **ध्रुवीय समुद्री वायु-राशियाँ** (Polar Maritime Air-Masses)—उत्पत्ति क्षेत्र के आधार पर ध्रुवीय समुद्री वायु-राशियों के दो भेद हैं :

(क) **प्रशान्त महासागरीय ध्रुवीय वायु-राशि** (Polar Pacific Air-Mass)—यह वायु-राशि उत्तरी प्रशान्त महासागर में उत्पन्न होती है। जाड़ों में यह वायु-राशि बहुत ही शीतल और शुष्क होती है। जब यह वायु-राशि उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट की ओर अग्रसर होती है तो तटीय श्रेणियों के सम्पर्क से खूब वर्षा करती है। पहाड़ी श्रेणियों को पार कर जब वायु-राशि पूर्व की ओर मैदान में पहुँचती है तो इसमें अत्यधिक परिवर्तन हो जाते हैं। इस वायु-राशि का प्रभाव मुख्यतः उत्तरी अमरीका के पश्चिमी भाग पर होता है।

(ख) **अन्धमहासागरीय ध्रुवीय वायु-राशि** (Atlantic Polar Maritime Air-Mass)—इस वायु-राशि का उत्पत्ति क्षेत्र काड़ अन्तरीप और न्यूफाउण्डलैण्ड का मध्यवर्ती भाग है। इसका प्रभाव उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट पर पड़ता है। जाड़ों में पछुवा हवाओं के प्रभाव से यह शिथिल पड़ जाती है। इसका सर्वाधिक प्रभाव बसन्त और ग्रीष्म ऋतु में होता है।

(3) **उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय वायु-राशि** (Tropical Continental Air-Mass)—उत्तरी अमरीका का दक्षिणी भाग ग्रीष्म ऋतु में बहुत गरम रहता है। अतः मेक्सिको एवं संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिणी भागों में उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय वायु-राशि (CT) का विकास होता है। यहाँ स्थल भाग सकीर्ण होने से इस वायु-राशि का पूर्ण विकास नहीं हो पाता। यह वायु-राशि ग्रीष्म ऋतु में अत्यन्त गरम और शुष्क होती है। पूर्व की ओर अग्रसर होने पर यह मिसिसिपी के मैदान की जलवायु को प्रभावित करती है।

(4) **उष्ण कटिबन्धीय समुद्री वायु-राशि** (Tropical Maritime Air-Mass)—इस वायु-राशि के उत्पत्ति-क्षेत्र के आधार पर दो भेद किये जाते हैं :

(क) **उष्ण अन्ध महासागरीय वायु-राशि** (Tropical Atlantic Air-Mass)—यह एक उष्ण और आर्द्र वायु-राशि है। इसका उत्पत्ति क्षेत्र मेक्सिको की खाड़ी, कैरेबियन सागर, सारगासो समुद्र और पश्चिमी द्वीप समूह है। जाड़ों में यह वायु-राशि स्थल की ओर चलती है जिससे संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिणी-पूर्वी भाग की जलवायु पर बड़ा प्रभाव होता है। ठण्डे धरातल के सम्पर्क से यह वायु-राशि घना कुहरा और धुँध उत्पन्न करती है।

(ख) **उष्ण प्रशान्त महासागरीय वायु-राशि** (Pacific Tropical Air-Mass)—यह भी एक उष्ण और आर्द्र वायु-राशि है जो उपोष्ण कटिबन्धीय पूर्वी प्रशान्त महासागर में उत्पन्न होती है। ग्रीष्म ऋतु में यह वायु-राशि शिथिल रहती है परन्तु शीत ऋतु में प्रति चक्रवातों के प्रभाव में आने के कारण स्थिर बनी रहती है। जाड़ों में पश्चिमी तटों पर खूब वर्षा होती है।

यूरोप की वायु-राशियाँ (European Air-Masses)

(1) ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशि (Polar Continental Air-Mass)—इस वायु-राशि का उत्पत्ति-क्षेत्र सोवियत रूस और फिनलैण्ड के हिमाच्छादित भाग है। यह कम तापमान और न्यूनआर्द्रता की वायु-राशि है। अत्यधिक स्थिरता इसका प्रधान गुण है। यह मुख्यतः पूर्वी तथा मध्य यूरोप को प्रभावित करती है। पछुवा हवाएँ इसको पश्चिम की ओर बढ़ने से रोक देती हैं, अतः पश्चिमी यूरोप में इसका कोई महत्त्व नहीं रहता। ग्रीष्म में यह उत्तरी यूरोप में केन्द्रित हो जाती है जिससे इसका प्रभाव कमजोर हो जाता है।

(2) ध्रुवीय समुद्री वायु-राशि (Polar Maritime Air-mass)—यह एक गरम और आर्द्र वायु-राशि है जो अन्ध महासागर से महाद्वीप के भीतर प्रवेश करती है। इससे तटवर्ती क्षेत्रों और ऊँचे पर्वतीय भागों में भारी वर्षा होती है। जाड़ों में यह वायु-राशि जैसे-जैसे भीतरी भागों की ओर बढ़ती है, शीतल होती जाती है। फलस्वरूप वायु में स्थिरता बढ़ती जाती है। ग्रीष्म में इसके विपरीत भागों की ओर अग्रसर होते समय वायु गरम हो जाती है जिससे वायु-राशि अस्थिर हो जाती है। वस्तुतः यूरोप महाद्वीप विभिन्न वायु-राशियों का संगम स्थल है। विभिन्न वायु-राशियों के संगम में उनके मूल गुणों में परिवर्तन हो जाता है।

(3) उष्ण कटिबन्धीय समुद्री वायु-राशि (Tropical Maritime Air-Mass)—यह एक शीतल, शुष्क और स्थिर वायु-राशि है। इसकी उत्पत्ति जाड़ों में अन्ध महासागर के उत्तरी और पूर्वी उच्चदाब के क्षेत्र में होती है। यह उत्तर दिशा की ओर चलती है। उत्तर की ओर बढ़ने पर यह अधिकाधिक शीतल होती जाती है जिससे इसकी स्थिरता बढ़ती जाती है। ध्रुवीय वायु की अपेक्षा इसमें गर्मी और आर्द्रता अधिक रहती है, परन्तु वायु के स्थिर रहने से वर्षा नहीं होती। ग्रीष्म ऋतु में यह शिथिल पड़ जाती है।

(4) भूमध्यसागरीय वायु-राशियाँ (Mediterranean Air-Masses)—भूमध्यसागरीय विभिन्न वायु-राशियों का संगम-स्थल है। यहाँ जाड़ों में ध्रुवीय समुद्री (mP), ध्रुवीय महाद्वीपीय (cP) और उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय (cT) वायु-राशियाँ आकर मिलती हैं। फलस्वरूप यहाँ प्रभावशाली अग्र (front) स्थापित हो जाता है। विभिन्न वायु-राशियों के सम्मिश्रण से उनके तापमान और आर्द्रता में परिवर्तन उपस्थित हो जाता है। इन वायु-राशियों के कारण यहाँ घने बादल बनते हैं, वर्षा होती है और चक्रवाती आँधियाँ चलती हैं। मौसम बड़ा ही अस्थिर रहता है। ग्रीष्म ऋतु में यहाँ प्रति-चक्रवाती अवस्थाएँ रहती हैं, जिससे यहाँ गरम, शुष्क और स्थायी हवाएँ चलती हैं।

एशिया की वायु-राशियाँ (Air-Masses of Asia)

(1) ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशि (Polar Continental Air-Mass)—यह एक शीतल और शुष्क वायु-राशि है जिसका उत्पत्ति-क्षेत्र साइबेरिया का उत्तरी बड़ा मैदान है। जाड़ों में यह वायु-राशि मध्य एशिया और पूर्वी एशिया तक फैली रहती है। यह सम्पूर्ण क्षेत्र प्रति-चक्रवातों से प्रभावित रहता है। यह वायु-राशि ज्यों-ज्यों दक्षिण की ओर बढ़ती है, इसमें परिवर्तन होता जाता है। यह वायु-राशि हिमालय को पार नहीं कर पाती। अतः भारत इसके प्रभाव से मुक्त रहता है। इसका सर्वाधिक प्रभाव उत्तरी चीन और जापान पर होता है। चीन में यांगट्सी नदी के दक्षिण में उष्ण कटिबन्धीय समुद्री (mT) वायु-राशि के प्रभाव के कारण यह निर्बल हो जाती है। जापान में पट्टुचने के पूर्व यह समुद्र से गुजरती है जिससे गरम और आर्द्र हो जाती है और फलस्वरूप पश्चिमी जापान में भारी वर्षा करती है।

(2) उष्ण कटिबन्धीय समुद्री वायु-राशि (Tropical Maritime Air-Mass)—यह एक गरम, अति आर्द्र और अस्थिर वायु-राशि है। इसकी उत्पत्ति उष्ण समुद्रों में होती है। यह वायु-राशि जैसे-जैसे महाद्वीप की ओर अग्रसर होती है, अस्थिरता बढ़ती जाती है, फलस्वरूप इससे दक्षिणी-पूर्वी एशिया, चीन एवं जापान में भारी वर्षा होती है। इन हवाओं का समूचे दक्षिणी-पूर्वी, पूर्वी और दक्षिणी एशिया की जलवायु पर प्रभाव पड़ता है।

दक्षिणी अमरीका की वायु-राशियाँ

(South American Air-Masses)

दक्षिणी अमरीका के उत्तरी भाग में उष्ण कटिबन्धीय समुद्री वायु-राशि (mP) का प्रसार रहता है। दक्षिण में भूमि के अभाव से ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशि (cP) लगभग अदृश्य रहती है। यहाँ समुद्रों के प्रभाव से ध्रुवीय समुद्री (mP) वायु-राशि प्रबल बनी रहती है। मध्य अक्षांशों में वायु-राशि की स्थिरता में बड़ा अन्तर रहता है। इस भाग में पश्चिमी तट पर अस्थिर हवाएँ पायी जाती हैं जिससे वह शुष्क रहता है। इसके विपरीत अन्ध महासागरीय तट पर अच्छी वर्षा होती है।

अफ्रीका की वायु-राशियाँ

(African Air-Masses)

अफ्रीका के उत्तर में सहारा उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीप (cT) वायु-राशि का उत्पत्ति-क्षेत्र है। अफ्रीका के मध्य में विषुवतरेखीय प्रदेश में वर्षपर्यन्त उष्ण कटिबन्धीय समुद्री (mT) वायु-राशि का प्रभाव रहता है। दक्षिणी अफ्रीका के पूर्वी तट पर अस्थिर हवाओं के कारण वर्षा होती है परन्तु पश्चिमी तट पर स्थिर हवाओं के प्रभाव से कोई वर्षा नहीं होती। अफ्रीका का सुदूर दक्षिणी भाग ध्रुवीय समुद्री (mP) वायु-राशि के प्रभाव में रहता है।

आस्ट्रेलिया की वायु-राशियाँ

(Australian Air-Masses)

आस्ट्रेलिया का अधिकांश भाग उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय (cT) वायु-राशि के प्रभाव में रहता है। ग्रीष्म में आस्ट्रेलिया के उत्तरी भाग में उष्ण कटिबन्धीय समुद्री (mT) वायु-राशि के प्रभाव से अच्छी वर्षा हो जाती है। यहाँ भी पूर्वी और पश्चिमी तटों की वायु की स्थिरता में अफ्रीका व दक्षिणी अफ्रीका के समान ही अन्तर मिलता है। जाड़ों में दक्षिणी आस्ट्रेलिया ध्रुवीय समुद्री (mP) वायु-राशि से प्रभावित रहता है।

भारत की वायु-राशियाँ

(India Air-Masses)

शीतकाल में भारत के अन्दर उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय (cT) और ध्रुवीय महाद्वीपीय (Pc) वायु-राशियों का प्रभाव रहता है। उष्ण कटिबन्धीय महाद्वीपीय वायु-राशि की उत्पत्ति दक्षिणी-पश्चिमी एशिया में होती है। भारत के उत्तरी-पश्चिमी भाग पर इसका अधिक प्रभाव रहता है। ध्रुवीय अथवा उपध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशि ज्यों-ज्यों उष्ण प्रदेश से गुजरती है उसके तापमान, आर्द्रता और स्थिरता में परिवर्तन हो जाते हैं। अतः दक्षिणी भारत में इसको Tc वायु-राशि कहते हैं। बंगाल की खाड़ी पर पड़ते-पड़ते इसमें और अधिक परिवर्तन हो जाते हैं। इसमें समुद्री वायु के गुण विकसित हो जाते हैं, अतः यहाँ इसको TcTm वायु-राशि कहते हैं।

ग्रीष्म ऋतु में भारत मानसून (Em) वायु-राशि के प्रभाव में रहता है। इसका उत्पत्ति-क्षेत्र हिन्द महासागर है। यह दक्षिण-पश्चिम दिशा से भारत में प्रवेश करती है और जैसे-जैसे आगे बढ़ती है इसमें परिवर्तन होते जाते हैं। उत्तरी-पश्चिमी भारत में Tc वायु-राशि और दक्षिणी राजस्थान में EmTc वायु-राशियाँ मिलती हैं।

वाताग्र (Fronts)

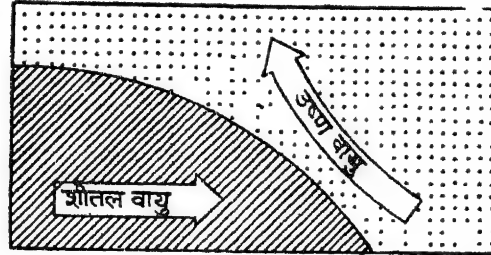
वाताग्र से आशय

ऐसी वायु-राशियाँ जो अपने तापमान और आर्द्रता में भिन्न होती हैं जब किसी प्रकार एक दूसरे के समीप पहुँच जाती हैं तो वे स्वतन्त्रतापूर्वक एक-दूसरी से मिल नहीं पाती। वे एक ढालु सीमा द्वारा एक-दूसरी से अलग बनी रहती हैं। इस प्रकार वाताग्र से आशय उस ढलुआ सीमा से है जिसके सहारे दो विपरीत स्वभाव वाली वायु-राशियाँ मिलती हैं। जहाँ कहीं दो भिन्न वायु-राशियों का अभिसरण होता है वहाँ उनके बीच एक विस्तृत संक्रमणीय प्रदेश (Transitional zone) स्थापित हो जाता है। इस संक्रमणीय प्रदेश को ही **वाताग्र प्रदेश (Frontal zone)** अथवा **वाताग्र उत्पत्ति क्षेत्र (Area of frontogenesis)** कहा जाता है।¹

वाताग्र तथा वाताग्र उत्पत्ति के सम्बन्ध में कई विद्वानों ने अपने मत प्रकट किये हैं। पेटर्ससन महोदय के अनुसार वाताग्री सतह एवं धरातली सतह को अलग करने वाली रेखा को **वाताग्र** कहते हैं तथा जिस प्रक्रिया द्वारा वाताग्र की उत्पत्ति होती है उसे **वाताग्र उत्पत्ति (Frontogenesis)** कहा जाता है।²

ट्रीवार्था के अनुसार, 'वाताग्र कोई रेखा नहीं होती अपितु वे पर्याप्त चौड़ाई वाले ऐसे क्षेत्र होते हैं जो 3 से 50 मील तक चौड़े होते हैं। इसके साथ ही वे क्षेत्र जहाँ दो भिन्न स्वभाव वाली वायु-राशियाँ आमने-सामने से आकर अभिसरण (converge) करती हैं तो उस अभिसरण क्षेत्र को **वाताग्र उत्पत्ति क्षेत्र (area of frontogenesis)** कहा जाता है।'³

उपरोक्त विवेचना से यह स्पष्ट है कि वाताग्र न तो धरातल के ऊपर लम्बवत रूप में होता है और न धरातली सतह के समानान्तर ही। इसके विपरीत वह कुछ कोण पर झुका हुआ होता है। वाताग्र का ढाल पृथ्वी की घूर्णन गति पर आधारित होता है जो ध्रुवों की ओर बढ़ता जाता है। इस प्रकार वाताग्र विपरीत स्वभाव वाली वायु-राशियों को अलग करने वाली ढलुआ सीमा सतह का ही दूसरा नाम है। जैसा कि ट्रीवार्था ने कहा है, "The sloping boundary surfaces separating contrasting air masses are called surface of discontinuity of front."⁴



चित्र 127—वाताग्र की उत्पत्ति की दशा

वाताग्र अपनी उत्पत्ति के बाद कुछ विशिष्ट अवस्थाओं में नष्ट हो जाते हैं। वाताग्रों के इस प्रकार लोप होने की प्रक्रिया को **वाताग्र क्षय (Frontolysis)** कहते हैं। किसी स्थान विशेष की जलवायु तथा मौसम को समझने के लिए आजकल जलवायु विज्ञान में वाताग्रों का अध्ययन बड़ा महत्वपूर्ण हो गया है, क्योंकि ये मौसम सम्बन्धी विशिष्ट अवस्थाओं को जन्म देते हैं जिन्हें चक्रवातीय

¹ A. N. Strapler : *Physical Geography*, p. 200

² Petterssen : *Introduction to Meteorology*, p. 200

³ "Fronts are not lines, but rather they are zones of appreciable width, varying from 3 to 50 miles in breadth."—Finch & Trewartha : *Elements of Geography*, p. 89

⁴ *Ibid*, p. 89

अथवा प्रतिचक्रवातीय अवस्थाएँ कहा जाता है। इस प्रकार वाताग्र चक्रवातों और प्रतिचक्रवातों के पालने कहे जाते हैं। ("Fronts are cradle of cyclones and anticyclones")

वाताग्र उत्पत्ति (Frontogenesis)

वाताग्रों के बनने की क्रिया को वाताग्र-उत्पत्ति कहा जाता है। वाताग्रों की उत्पत्ति निम्न दो बातों पर आधारित है :

(i) भौगोलिक कारक (Geographical Factor)—जब दो भिन्न स्वभाव वाली वायु-राशियाँ एक-दूसरे के समीप आती हैं तो वाताग्रों की उत्पत्ति होती है। दूसरे शब्दों में वाताग्रों की उत्पत्ति के लिए तापमान और आर्द्रता की दृष्टि से वायु-राशियों में भिन्नता होना आवश्यक है।

(ii) गतिक कारक (Dynamic Factor)—वाताग्रों की उत्पत्ति के लिए वायु-राशियों में प्रवाह अर्थात् गति होना अत्यन्त आवश्यक है। पीटरसन (Petterssen) एवं बर्गरॉन (Bergeron) नामक विद्वानों ने अपने अध्ययन के द्वारा इस बात को प्रमाणित किया है कि वायु-राशियों की गति वाताग्रों को तीव्र बना देती है। इस प्रकार वाताग्र बनने के लिए अभिसरण (convergence) की स्थिति का होना परम आवश्यक है।

वाताग्र उत्पत्ति एवं वाताग्र-क्षय क्षेत्र (Areas of Frontogenesis and Frontolysis)

जिन क्षेत्रों में दो भिन्न गुणों वाली वायु-राशियाँ आकर परस्पर मिलती हैं अर्थात् अभिसरण (converge) करती हैं उन क्षेत्रों को वाताग्र उत्पत्ति क्षेत्र (areas of frontogenesis) कहते हैं। उदाहरणतः जाड़े की ऋतु में उत्तरी गोलार्द्ध में पूर्वी एशिया, उत्तरी अमेरिका का पूर्वी तट एवं ग्रीनलैण्ड आदि वाताग्र उत्पत्ति क्षेत्र होते हैं।

जिन क्षेत्रों से वायु-राशियाँ अपसरित (diverge) होती हैं उन क्षेत्रों में वाताग्रों का क्षय होने लगता है। अतः ऐसे क्षेत्रों को वाताग्र क्षय क्षेत्र (areas of frontolysis) कहा जाता है। साइबेरिया तथा उत्तरी कनाडा ऐसे ही क्षेत्र हैं।

वाताग्र-उत्पत्ति के लिए आवश्यक दशाएँ

धरातल पर वाताग्रों की उत्पत्ति कुछ विशिष्ट दशाओं में ही होती है। प्रमुख रूप से ये दशाएँ निम्न हैं :

(1) तापमान में भिन्नता—वाताग्र की उत्पत्ति के लिए दो विपरीत तापमान वाली वायु-राशियों का होना आवश्यक है। इसमें एक वायु-राशि ठण्डी और शुष्क हो तथा दूसरी गर्म तथा आर्द्र हो। ये वायु-राशियाँ जब परस्पर मिलती हैं तो ठण्डी वायु-राशि गर्म तथा हल्की वायु-राशि को ऊपर उठा देती है जिससे वहाँ वाताग्र का निर्माण हो जाता है।

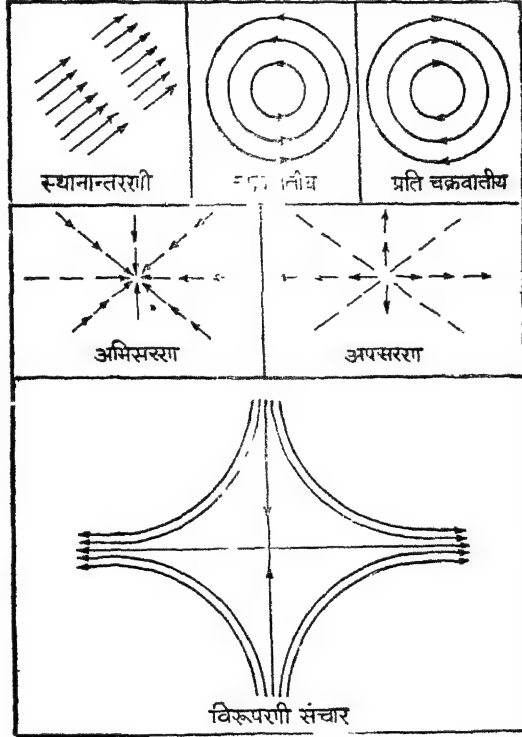
(2) वायु-राशियों की विपरीत दिशा—जब कभी विपरीत तापमान वाली दो वायु-राशियाँ विपरीत दिशाओं से आकर आमने-सामने मिलती हैं तो एक-दूसरे के क्षेत्र में घुसने की चेष्टा करती हैं। परिणामस्वरूप उनके मिलन क्षेत्र में एक लहरनुमा वाताग्र बन जाता है। इसके विपरीत जब कभी दो भिन्न तापमान वाली वायु-राशियाँ आमने-सामने न मिलकर विपरीत दिशाओं की ओर चलने लगती हैं तो उस अवस्था में वहाँ वाताग्र का निर्माण नहीं हो सकता। पेटरसन ने विभिन्न पवन प्रवाह क्रमों को स्पष्ट कर यह बताने का प्रयास किया है कि किन अवस्थाओं में वाताग्र के निर्माण की सम्भावनाएँ होती हैं।

(i) स्थानान्तरणी प्रवाह (Translation Circulation)—इस प्रकार के पवन प्रवाह में हवाएँ क्षैतिज रूप में एक स्थान से दूसरे स्थान को एक ही दिशा में चलती हैं। इस दशा में तापमान

की विपरीत अवस्था पैदा नहीं हो पाती। फलस्वरूप इस प्रकार के पवन प्रवाह से वाताग्र की उत्पत्ति नहीं हो पाती।

(ii) घूर्णन प्रवाह (Rotation)—इसमें हवाएँ चक्रवातीय और प्रतिचक्रवातीय रूप में प्रवाहित होती हैं। यद्यपि इस प्रकार के पवन प्रवाह में विपरीत तापमान की अवस्थाएँ होती हैं परन्तु फिर भी वाताग्र की उत्पत्ति नहीं हो पाती। इसका कारण यह है कि हवाएँ विपरीत दिशाओं से आकर आमने-सामने नहीं मिलती।

(iii) अभिसरण तथा अपसरण (Convergence and Divergence)—जब हवाएँ चारों ओर से आकर एक ही बिन्दु पर मिलती हैं तो वह अभिसरण की स्थिति होती है। इस स्थिति में यद्यपि विपरीत तापमान की अवस्था रहती है फिर भी वाताग्र का निर्माण नहीं हो पाता, क्योंकि इस दशा में विपरीत तापक्रम एक रेखा के सहारे न होकर एक केन्द्र पर होता है जहाँ चारों ओर की हवाएँ आकर तापमान और आर्द्रता की आदर्श दशाओं को भंग कर देती हैं। इसके विपरीत जब हवाएँ एक बिन्दु से चारों ओर की ओर चली जाती हैं तो वे परस्पर कभी नहीं मिल पातीं जिससे वहाँ वाताग्र का निर्माण कदापि सम्भव नहीं होता। हवाओं की इस स्थिति को अपसरण कहते हैं।



चित्र 128—वायु प्रवाह और वाताग्र उत्पत्ति—

(1) स्थानान्तरणी (2) चक्रवातीय एवं प्रतिचक्रवातीय
(3) अभिसरण और अपसरण (4) विरूपणी संचार

(iv) विरूपणी प्रवाह (Deformation Circulation)—इस प्रकार के पवन-प्रवाह में दो विपरीत तापमान वाली हवाएँ एक-दूसरे से क्षैतिज रेखा के सहारे आकर मिलती हैं। इस प्रकार की हवाएँ दो प्रकार की अक्ष-रेखाएँ बनाती हैं—(i) बाह्य प्रवाह अक्ष (axis of outflow) और (ii) अन्तः प्रवाह अक्ष (axis of inflow)। वाताग्र निर्माण की दृष्टि से पवन प्रवाह का यह क्रम सर्वाधिक अनुकूल होता है। फिर भी वाताग्र का बनना, न बनना स्थान विशेष की प्राकृतिक स्थिति तथा अक्षांशों पर निर्भर करता है।

वाताग्रों के प्रमुख लक्षण

वाताग्र प्रदेशों के मुख्यतः निम्न लक्षण देखे जाते हैं :

(i) वाताग्र की गति—यद्यपि ऋतु मानचित्रों पर वाताग्र स्थिर दृष्टिगोचर होते हैं किन्तु वस्तुतः वाताग्रों में गति होती है। ये प्रायः 50 से 80 किलोमीटर प्रति घण्टे की गति से चलते हैं। इस प्रकार वाताग्र एक दिन-रात अथवा 24 घण्टों में एक विस्तृत क्षेत्र को पार कर जाते हैं।

(ii) **वाताग्र की ऊर्ध्व गति**—वाताग्र क्षेत्र में वायु सदैव नीचे से ऊपर उठती रहती है। इस प्रकार ऊर्ध्वगति वाताग्रो का एक प्रमुख लक्षण है। इस गति के कारण वाताग्र क्षेत्र में उष्ण वायु शीतल वायु के ऊपर चढ़ती है, क्योंकि उष्ण वायु हल्की एवं शीतल वायु भारी होती है। उष्ण व आर्द्र वायु के ऊपर उठने से मेघ बनते हैं और वर्षा होती है।

(iii) **वाताग्रों की गहराई**—वाताग्रों की रचना करने वाली वायु-राशियों में ऊपरी तलों (upper levels) की अपेक्षा निम्न तलों (low levels) अर्थात् धरातल के समीप गति अधिक होती है। इसीलिए वाताग्रों की रचना ऊपरी भागों में नहीं होती। सामान्यतः वाताग्रों की रचना 3000 मीटर के ऊपर बहुत कम और 5000 मीटर के ऊपर तो बिल्कुल ही नहीं होती।

(iv) **वाताग्रों की चौड़ाई**—वाताग्रों की कोई निश्चित चौड़ाई नहीं होती। ये प्रायः 5 से 80 किलोमीटर चौड़े होते हैं।

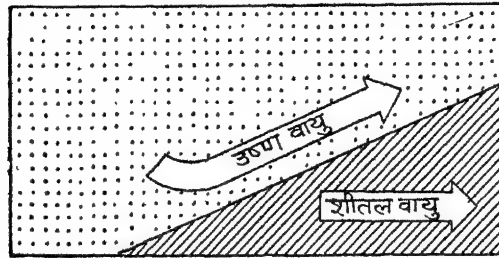
(v) **वाताग्रों का भंग होना**—वाताग्र में दोनों ओर की वायु-राशियों के गुण भिन्न होते हैं। जब वायु-राशियों के अपने गुणों का फैलाव बहुत विस्तृत क्षेत्र में हो जाता है तो वाताग्र भंग हो जाते हैं। वायु-राशियों के गुणों में तापमान, वायुदाब, पवन दिशा, प्रवणता आदि मुख्य हैं। वायु-राशियों के इन गुणों में परिवर्तन के साथ ही वाताग्र की समाप्ति हो जाती है।

वाताग्रों के प्रकार

वाताग्रों के मुख्य चार प्रकार हैं जो निम्न हैं :

(1) **उष्ण-वाताग्र (Warm Front)**—आगे बढ़ती हुई उष्ण वायु-राशि जब किसी ठण्डी वायु-राशि के ऊपर चढ़ती है तो पृथ्वी के धरातल पर इन दोनों को अलग करने वाली रेखा उष्ण-वाताग्र (warm front) कहलाती है। दूसरे शब्दों में, उष्ण-हवा के अन्तिम छोर को उष्ण-वाताग्र कहते हैं।

उष्ण-वाताग्र कभी भी उतना लहरदार नहीं होता जितना कि शीत-वाताग्र। उष्ण-वाताग्र सदा उष्ण से शीतल भाग की ओर अथवा दायीं ओर से बायीं ओर बढ़ता है। इस अग्र में असांतत्य सतह (discontinuity surface) का ढाल अपेक्षाकृत मन्द होता है। यह ढाल प्रायः 1 : 100 से 1 : 400 तक होता है। चूँकि इसमें उष्ण वायु शीतल वायु के ऊपर चढ़ती है इसलिए इसका भार कम हो जाता है जिससे सघनन बढ़ता है और वर्षा होती है। इसमें तापमान और पवन प्रवाह की दिशा का परिवर्तन एकदम न



चित्र 129—उष्ण-वाताग्र का पार्श्व चित्र

होकर धीरे-धीरे होता है। ऊपर उठती हुई उष्ण वायु बड़े विशाल घने बादलों को जन्म देती है। ऐसे बादलों की चौड़ाई 100 से 300 मील और लम्बाई 1000 मील से अधिक देखी जा सकती है। असांतत्य सतह के मन्द ढाल के कारण बादलों की ऊँचाई 6,000 से 20,000 फुट के बीच में पायी जाती है। इस प्रकार उष्ण-वाताग्र अर्थात् ऊँचाई वाले और विस्तृत रूप से फैले हुए बादलों को जन्म देता है। प्रायः ये बादल आकाश में ऐसे भाग में पहुँच जाते हैं जहाँ तापमान हिमांक बिन्दु (freezing point) के लगभग होता है। अतः बादलों का ऊपरी भाग इतना अधिक शीतल हो उठता है कि वहाँ बादल सामान्यतः हिमकणों से लदे रहते हैं। इसी कारण वर्षा हुआ करती है। इस अग्र में बादलों का क्रम निम्न प्रकार रहता है। ऊपर ही ऊपर सदा पक्षाभ (cirrus) अथवा पक्षाभस्तरी (cirro-stratus) बादल रहते हैं। यदि ऊपर उठती हुई हवा अस्थिर हुई तो पक्षाभ-

कपासी (cirrocumulus) बादल बनेंगे। ज्यो-ज्यो अग्र शीतल वृत्तांश की ओर बढ़ता है, बादल नीचे और घने होते जाते हैं। ऊँचे-स्तरी और ऊँचे-कपासी बादल स्तरी-कपासी बादल में बदलकर अन्त में वर्षा मेघों का रूप धारण कर लेते हैं। ऊँचे-स्तरी बादल बनने के साथ ही वर्षा प्रारम्भ हो जाती है जो धरातलीय अग्र (surface front) के निकल जाने तक होती रहती है। वर्षा प्रारम्भ होने के बाद प्रायः असातत्य रेखा (line of discontinuity) के नीचे शीतल वायु-राशि में बादल और कुहरा बनने लग जाता है।

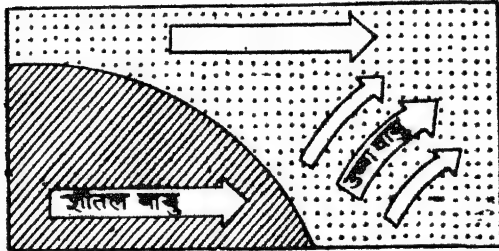
उष्ण-वाताग्र में मौसम का रूप वहाँ चलने वाली उष्ण वायु की प्रकृति पर निर्भर रहता है। यदि वायु शुष्क और स्थिर हुई तो संघनन (condensation) के लिए हवा का बहुत ऊँचाई तक ऊपर उठना अनिवार्य हो जाता है। इस प्रकार होने वाली वर्षा बड़ी हल्की होगी। पर यदि वायु कुछ अस्थिर हुई तो शीतल वायु के ऊपर वह बड़ी तेजी से चढ़ेगी जिससे बौछार आयेगी और झंझावात पैदा होंगे।

असातत्य रेखा के मन्द ढाल और बहुत अधिक विस्तार के कारण उष्ण-वाताग्र की वर्षा तेज, लगातार और बड़े विस्तृत भाग में होती है। परन्तु कभी भी बहुत भारी नहीं होती।

धरातल पर उष्ण-वाताग्र के निकल जाने पर तथा निरीक्षण करने वाले (observer) के शीतल वायु-राशि से उष्ण वायु-राशि में चले आने पर मौसम का निम्न परिवर्तन देखने को मिल सकता है :

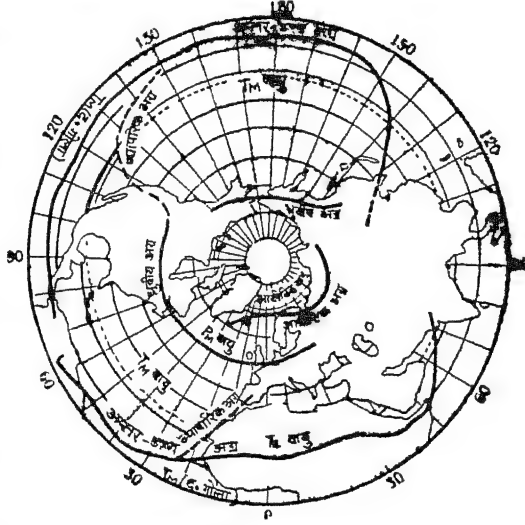
(1) स्वच्छ मौसम, (2) तापमान में अचानक वृद्धि, (3) सापेक्षिक आर्द्रता में शीघ्र वृद्धि, (4) वायु-दाब की हल्की द्रोणी (trough), और (5) पवन-प्रवाह की दिशा में हल्का परिवर्तन आदि।

(2) शीत-वाताग्र (Cold Front)—पृथ्वी के धरातल पर जब एक ही दिशा से आती हुई शीतल व उष्ण वायु की धाराएँ आपस में मिलती हैं तो उनके बीच की सीमा को शीत-वाताग्र (cold front) कहा जाता है। उष्ण



चित्र 131—शीत-वाताग्र का पार्श्व चित्र

विकास हो जाता है तो उसे अपनी असातत्य रेखा के द्वारा सरलता से पहचाना जा सकता है।

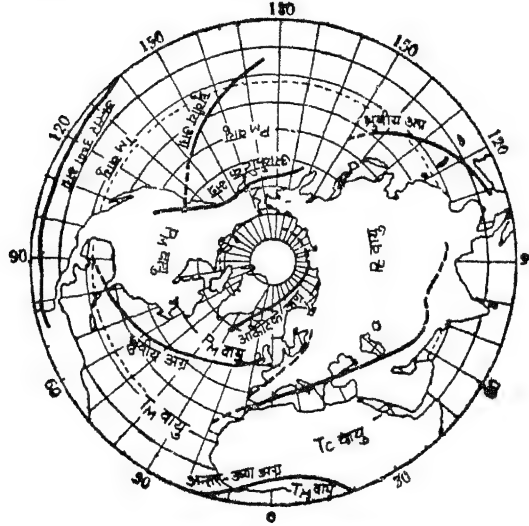


चित्र 130—उष्ण-वाताग्र

वायु शीतल वायु को अपने सामने पीछे से धक्का देती है और साथ-साथ इसके ऊपर उठ जाती है। उष्ण वायु के नीचे से ठण्डी हवा आगे को जीभ की तरह बढ़ जाती है। इसमें वाताग्र शीतल से उष्ण भाग की ओर अर्थात् बायीं ओर से दायीं ओर बढ़ता है। जब इस वाताग्र का अच्छी तरह

उष्ण-वाताग्र की अपेक्षा शीत-वाताग्र का ढाल अधिक तीव्र होता है। इसका प्रमुख कारण यह है कि पवन प्रवाह की गति ऊँचाई के साथ बढ़ जाती है। परिणामस्वरूप वाताग्र धरातल की अपेक्षा मध्य भाग में अधिक तेजी से चलता है। साधारणतः शीत-वाताग्र की ऊँचाई प्रायः धरातल से 1,500 फुट के लगभग होती है जहाँ पर वाताग्र की गति एकदम धीमी रहती है।

चूँकि शीत-वाताग्र में असातत्य रेखा का ढाल तूफान की प्रवाह दिशा से दूर ऊपर की ओर होता है इसलिए शीत-वाताग्र के पहुँचने पर न कोई बादलों के रूप ही दिखाई पड़ते हैं और न मौसम परिवर्तन ही। ऊपर



चित्र 132—शीत वाताग्र

वर्षी बादल और तूफान उठते हैं।

पूर्ण-विकसित शीत-वाताग्र में थोड़ी किन्तु घनघोर वर्षा होती है और आकाश कपासी-वर्षी बादलों से ढक जाता है। कभी-कभी अधिकतर वर्षा वाताग्र के अगले भाग में होती है पर कभी-कभी वह वाताग्र के पिछले भाग तक ही सीमित रहती है।

जब कभी शीत-वाताग्र के पीछे की शीतल वायु-राशि उष्ण समुद्र से होकर निकलती है तो उसकी निचली तहों में अतिरिक्त उष्णता और नमी आ जाती है। ऐसी अवस्था में प्रायः गौण-वाताग्र (secondary fronts) बन जाया करते हैं।

जब किसी स्थान से शीत-वाताग्र निकलता है अथवा निरीक्षण करने वाला (observer) उष्ण वायु-राशि से शीतल वायु-राशि की ओर चला आता है तो उसे निम्न मौसमी परिवर्तन देखने को मिलेंगे—(1) निर्मल आकाश, (2) मौसम की स्वच्छता, (3) तापमान में यकायक परिवर्तन, (4) वायुदाब टंक (wedge), (5) निरपेक्ष आर्द्रता और सापेक्षिक आर्द्रता में भारी कमी और, (6) हवाओं का परिवर्तन आदि।

(3) अवशिष्ट वाताग्र (Occluded Front)—जब कभी शीत वाताग्र तीव्र गति से चलकर उष्ण वाताग्र से मिल जाता है तो उष्ण वायु ऊपर उठ जाती है और धरातल से उसका सम्पर्क समाप्त हो जाता है। इसी अवस्था को अवशिष्ट वाताग्र कहते हैं।

(4) स्थायी वाताग्र (Stationary Front)—जब कभी दो विपरीत स्वभाव वाली वायु-राशियाँ एक दूसरे के समानान्तर चलकर एक वाताग्र के रूप में अलग हो जाती है तो ऐसी दशा में वायु ऊपर नहीं उठ पाती जिससे स्थायी वाताग्र का निर्माण होता है।

और न मौसम परिवर्तन ही। ऊपर उठती हुई वायु से सम्बद्ध खराब मौसम का भाग उष्ण वाताग्र की अपेक्षा शीत-वाताग्र में बहुत अधिक होता है और शीघ्रता से गुजर जाता है। शीत-वाताग्र में मौसम की दशा उष्ण वायु की बनावट पर निर्भर करती है जो कि अपने स्थान से हटा दी जाती है। यदि हवा शुष्क और स्थिर होती है तो वाताग्र के साथ केवल छितराए हुए बादल (broken clouds) रहते हैं और कोई वर्षा नहीं होती। परन्तु यदि हवा उष्ण और आर्द्र हुई तो वाताग्र के साथ कपासी-

वाताग्र प्रदेश

यदि पृथ्वी के धरातल पर चलने वाली वायु-राशियों और उनके मिलन क्षेत्रों का अवलोकन किया जाये तो धरातल पर वाताग्रों के तीन प्रदेश निश्चित किये जा सकते हैं। ये प्रदेश निम्न हैं :

(1) **ध्रुवीय वाताग्र प्रदेश (Polar Frontal Zone)**—यह प्रदेश दोनों गोलार्द्धों में 30° से 45° अक्षांशों के मध्य स्थित पाया जाता है। इस प्रदेश में ध्रुवीय ठण्डी वायु-राशि तथा उष्ण कटिबन्धीय गर्म वायुराशि के मिलने से ध्रुवीय वाताग्र का निर्माण होता है। इनका विस्तार उत्तरी अटलाण्टिक महासागर तथा उत्तरी प्रशान्त महासागर में अधिक होता है। ये वाताग्र जाड़ों में अत्यधिक सक्रिय होते हैं किन्तु गर्मियों में शिथिल हो जाते हैं।

(2) **आर्कटिक वाताग्र प्रदेश (Arctic Frontal Zone)**—ध्रुववृत्तीय क्षेत्रों में महाद्वीपीय ध्रुवीय हवाएँ तथा सागरीय ध्रुवीय हवाएँ परस्पर मिलती हैं। इसी से यहाँ वाताग्रों का निर्माण होता है। इन दोनों वायुराशियों के तापमान में विशेष अन्तर नहीं पाया जाता। परिणामस्वरूप यहाँ वाताग्र अधिक सक्रिय नहीं होते। इन वाताग्रों का विस्तार मुख्यतः यूरेशिया तथा उत्तरी अमरीका के उत्तरी भागों में पाया जाता है।

(3) **अन्तरा उष्ण कटिबन्धीय वाताग्र प्रदेश (Inter Tropical Frontal Zone)**—यह प्रदेश विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब की पेटी पर विस्तृत है। यहाँ जब कभी उत्तरी-पूर्वी तथा दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक हवाएँ मिलती हैं तो वाताग्र का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार यहाँ व्यापारिक हवाओं के अभिसरण के कारण वाताग्रों का आविर्भाव होता है। ये वाताग्र प्रदेश मौसम के अनुसार ऊपर-नीचे सरकते रहते हैं।

13

वायु विकोभ

(PRESSURE DISTURBANCES)

पृथ्वी के धरातल पर नियमित रूप से कुछ हवाएँ चला करती हैं। परन्तु इन हवाओं की प्रवाह-दिशा सदैव एकसी नहीं रहती है। पृथ्वी की विचित्र परिस्थितियों तथा स्थानीय अवस्थाओं का इनकी प्रवाह-दिशा पर गहरा प्रभाव होता है जिससे इनकी प्रवाह-दिशा में भारी अव्यवस्था उत्पन्न हो जाती है। फलस्वरूप ये हवाएँ अस्थिर और परिवर्तनशील हो जाती हैं। इन अस्थिर और परिवर्तनशील हवाओं का रूप ठीक बहते हुए जल में भँवर (whirl) के समान होता है जो कभी बढ़ते-बढ़ते भयंकर तूफान का स्वरूप ग्रहण कर लेती है। वायु-प्रवाह की ऐसी भँवरे असाधारण कारणों से अचानक ही उत्पन्न होती हैं और अनुकूल अवस्थाएँ होने पर एकदम चल देती हैं। इनकी न दिशा स्थिर रहती है और न क्षेत्र निश्चित रहता है। ये बड़े ही अनियमित रूप से चलती हैं। ये भँवरे दो प्रकार की होती हैं। एक में हवाएँ भँवर के केन्द्र की ओर वायु के निम्न दाब (low pressure) के कारण वेगपूर्वक दौड़ती हैं और दूसरी में वायु के उच्च दाब (high pressure) के कारण हवाएँ केन्द्र से बाहर भागती हैं। वायु की यही भँवरे क्रमशः चक्रवात और प्रतिचक्रवात कहलाती हैं।

उपरोक्त वर्णन से परिवर्तनशील हवाओं (variable winds) के सम्बन्ध में यह भ्रान्ति हो सकती है कि धरातल पर इनका विकास और प्रवाह नितान्त ही अनावश्यक और निरर्थक है। किन्तु ऐसी बात नहीं है। एक्सनेल (Exner) नामक वैज्ञानिक ने इन हवाओं की विवेचना करते हुए लिखा है कि “धरातल पर इन हवाओं का प्रवाह उतना ही आवश्यक है जितना कि अन्य किन्हीं हवाओं का।” धरातल पर नियमित रूप से चलने वाली स्थायी हवाओं (permanent winds) के प्रवाह को स्थायी बनाये रखने में ये हवाएँ बड़ी सहायक होती हैं। यही नहीं, पृथ्वी पर दाब की असमानता को दूर करने में भी ये बड़ी सहायक होती हैं। पृथ्वी पर सब कहीं इन हवाओं द्वारा दाब की समानता स्थापित होती है जो धरातल के वायु-प्रवाह को सम रखता है।

चक्रवात

(Cyclones)

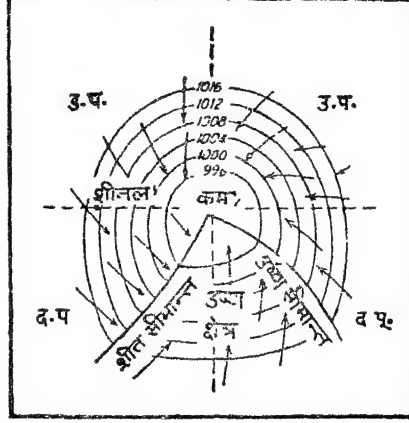
सामान्यतः चक्रवात निम्न वायु-दाब का केन्द्र होता है जिसके चारों ओर सकेन्द्रीय सम वायुदाब रेखाएँ फैली हुई होती हैं। केन्द्र से बाहर की ओर सभी ओर वायुदाब बढ़ता जाता है। फलस्वरूप सभी दिशाओं से हवाएँ भीतर केन्द्र की ओर प्रवाहित होने लगती हैं। परन्तु फैल के नियमानुसार उत्तरी गोलार्द्ध में ये हवाएँ दायीं ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में अपने बायीं ओर मुड़ जाती हैं। अतः ये हवाएँ केन्द्र तक पहुँचने की अपेक्षा उसकी परिक्रमा करने लगती हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में इन हवाओं की दिशा घड़ी की सुइयों के विपरीत तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में अनुकूल होती है।

चक्रवातो की आकृति प्रायः गोलाकार, अण्डाकार अथवा वी आकार के समान होती है। किसी भी स्थान की जलवायु तथा मौसम पर चक्रवातों का गहरा प्रभाव होता है। इसीलिए इनका अध्ययन बड़ा महत्त्वपूर्ण हो गया है। चक्रवातो को उनकी स्थिति के अनुसार दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है -

- (1) शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवात
- (2) उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात

(1) शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवात (Temperate Cyclones)

सामान्य परिचय—शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवात निम्न वायुदाब के तूफान है जो प्रायः गोलाकार, अण्डाकार अथवा वेज के आकार के होते हैं। इसी कारण ये 'गर्त' (depression), 'निम्न' (lows) अथवा ट्रफ (trough) के नाम से भी पुकारे जाते हैं। ये गर्तचक्र अधिकतर मध्य अक्षांशों में भिन्न वायु-राशियों के सघर्ष के कारण उत्पन्न होते हैं। अतः ये सदा पछुवा हवाओं की पेटियों से सम्बन्धित रहते हैं। यही कारण है कि ये बहुधा 35° और 65° अक्षांशों के बीच चला करते हैं। पछुआ हवाओं से सम्बन्धित होने के कारण इनका प्रवाह पश्चिम से पूर्व की ओर ठीक उसी प्रकार रहता है जैसे कि नदी की धारा में भँवरे (whirls) ऊपर से नीचे चला करती है।



चित्र 133—एक आदर्श चक्रवात (उ० गो०)

आकृति तथा विस्तार—चक्रवात साधारणतः गोल अथवा अण्डे की आकृति वाला होता है। इसमें अल्पदाब ठीक केन्द्र के समीप रहता है। केन्द्र से बाहर की ओर सब तरफ वायुदाब क्रमशः बढ़ता जाता है। सामान्यतः गर्तचक्र में केन्द्र और घेरे के बीच दाब का अन्तर 10 से 20 मिलीबार तक रहता है। कभी-कभी पूर्ण विकसित शीतकालीन गर्तचक्र में यह अन्तर 35 मिलीबार तक भी देखा जाता है। ग्रीष्मकाल में आने वाले गर्तचक्र सामान्य तौर पर जाड़ों में आने वाले गर्तचक्रों से कम विकसित होते हैं। उनमें वायुदाब का अन्तर कम रहता है। समदाब रेखाएँ दूर-दूर होती हैं और वे धीमी गति से चलते हैं।

गर्तचक्रों के विस्तार में बड़ी भारी भिन्नता देखी जाती है। साधारणतः वे लम्बे-चौड़े क्षेत्र में फैले रहते हैं। कभी-कभी इनका विस्तार इतना अधिक हो जाता है कि कोई दस लाख वर्गमील क्षेत्र को घेर लेते हैं। परन्तु अधिकतर कम विस्तार वाले ही होते हैं। ऊँचाई में ये छह-सात मील तक देखे जाते हैं। ये अपनी आकृति में उल्टी 'V' के सदृश दिखाई देते हैं।

प्रवाह-दिशा और गति—चक्रवात कदाचित् ही स्थिर रहते हैं। प्रायः ये प्रचलित पवनों की दिशा में आगे बढ़ते हैं। पछुवा हवाओं के प्रदेश में ये पूर्व की ओर चलते देखे जाते हैं। परन्तु सदा ही ये पूर्व की ओर नहीं चला करते। विशेष अवसरो पर ये विभिन्न मार्ग अपनाते हैं। इनकी प्रवाह दिशा और गति में भिन्नता होते हुए भी इनकी साधारण प्रगति पूर्व की ओर होती है।

पछुवा हवाओं अथवा शीतोष्ण प्रदेश के चक्रवातों की गति हमेशा अनिश्चित होती है। गति की यह भिन्नता ऋतु तथा स्थिति पर निर्भर करती है और प्रत्येक चक्रवात के साथ बदलती

रहती है। ग्रीष्म ऋतु की अपेक्षा जाड़ों में इनकी गति अधिक तेज होती है। संयुक्त राज्य अमरीका में ये ग्रीष्म में 20 मील प्रति घण्टा तथा जाड़ों में 30 मील प्रति घण्टा की चाल से चलते हैं। जाड़ों में पूर्ण विकसित चक्रवात को समूचे देश को पार करने में 3 से 5 दिन तक लग जाते हैं।

तापमान—चक्रवात में तापमान परिवर्तन दिन और वर्ष के समयानुसार होता है। जाड़ों में वाताग्र (front) अपेक्षतया गरम रहता है और पृष्ठभाग (rear) ठण्डा। क्योंकि वाताग्र में उष्ण वायु-राशियाँ और दक्षिणी हवाएँ रहती हैं जो पृष्ठ-भाग में ऊँचे और ठण्डे अक्षांशों से चलने वाली हवाओं से काफी गरम होती हैं। पृष्ठभाग में प्रायः पाला भी गिरता है। ग्रीष्म ऋतु में यह परिवर्तन पिछले दिनों के मौसम पर निर्भर करता है। साधारणतः चक्रवात का अग्रभाग सब ऋतुओं में उष्णआर्द्र (muggy) रहता है। पृष्ठभाग में आकाश स्वच्छ रहता है। अतः सदैव स्वच्छ मौसम (fresh weather) रहता है। पृष्ठभाग गर्मियों में कुछ गरम रहता है परन्तु इससे शीतल हवाएँ चला करती हैं।

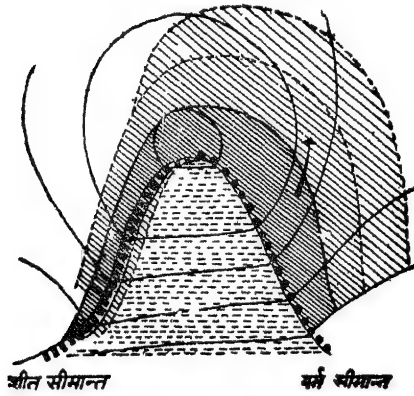
हवाएँ—चक्रवात में हवाएँ अधिकतर बाहर से भीतर की ओर चला करती हैं। यदि ये हवाएँ भीतरी भाग में ही जमा होती रहे तो केन्द्र का अल्पदाब धीरे-धीरे समाप्त होकर पूरा चक्रवात ही नष्ट हो जायगा। परन्तु ऐसा कभी नहीं होता। प्रायः चक्रवात बराबर कई दिनों तक बना रहता है। इससे यह स्पष्ट है कि भीतरी भाग की ओर चलने वाली हवाएँ वहाँ जमा न होकर पुनः बाहर निकलती रहती हैं। चक्रवात में हवाएँ ऊपर उठा करती हैं और ऊपर उठकर पुनः बाहर फैल जाती हैं। इसी कारण चक्रवात के केन्द्र में बराबर अल्पदाब बना रहता है।

चक्रवात में ऊपर उठती हुई हवाएँ मुख्यतः अग्रभाग की ओर चलती हैं। अतः अग्रभाग पृष्ठभाग की अपेक्षा हवाओं से अधिक प्रभावित रहता है। सम्भवतः इसी कारण अग्रभाग में चक्रवाती वर्षा अधिक होती है।

चक्रवात के अग्रभाग और पृष्ठभाग के बीच तापमान का अन्तर मुख्यतः धरातल पर चलने वाली हवाओं के कारण पड़ता है। अग्रभाग में हवाएँ दक्षिण से चलती हैं, इस कारण गरम होती हैं। ये हवाएँ उष्ण अक्षांशों से ठण्डे अक्षांशों की ओर चलती हैं। अतः इनमें भाप अधिक समय तक नहीं ठहर पाती। भाप ठण्डी होकर वर्षा के रूप में बरस पड़ती है। ऐसा अधिकतर दक्षिणी चक्रवात के भाग में होता है। चक्रवात के उत्तरी-पूर्वी भाग में अधिकतर हवाएँ पूर्व दिशा से चलती हैं। इस कारण शीत काल में ये ठण्डी हो सकती हैं। चक्रवात के पृष्ठभाग में प्रायः हवाएँ उत्तर से चलती हैं इसलिए ठण्डी होती हैं। ये हवाएँ शीतल प्रदेशों से

उष्ण प्रदेशों की ओर चलती हैं, जिससे ये अधिकाधिक शुष्क होती जाती हैं। इनकी शीतलता और शुष्कता के कारण ही चक्रवात का पृष्ठभाग 'स्वच्छ' (fresh) रहता है।

वायु-दशा—चक्रवातों की अपनी विशेष वायु-दशा होती है। चक्रवात जब कभी एक स्थान से दूसरे स्थान को अग्रसर होते हैं तो अपने साथ विशेष मौसमी अवस्थाएँ ले जाते हैं। चक्रवातों के इस विशेष मौसम को समझने के लिए इनकी रचना को भली प्रकार समझना आवश्यक है। चक्रवात के केन्द्र में न्यून दाब होता है। इस केन्द्रीय न्यून दाब के क्षेत्र के उत्तर-पूर्व में उष्ण



चित्र 134—पूर्ण विकसित गर्म-चक्र

वाताग्र (warm front) और उत्तर-पश्चिम में शीत-वाताग्र (cold front) रहता है।

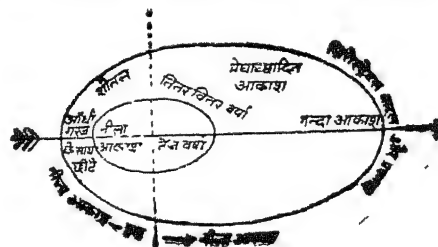
चक्रवात के उष्ण-वाताग्र (warm front) में लगातार समुद्र से आने वाली उष्ण और तर हवाएँ चलती हैं। ये हवाएँ यहाँ ठण्डी हवाओं से मिलती हैं और उनके ऊपर आगे बढ़ जाती हैं। इन गरम हवाओं के ऊपर उठ जाने के कारण बराबर घने काले वर्षी मेघ (Nimbus Clouds) बनते रहते हैं जिनसे भारी वर्षा और कभी-कभी हिमपात होता है। ज्यों-ज्यों हम इस उष्ण-वाताग्र के उत्तर-पूर्व की ओर बढ़ते हैं, गरम हवा की कमी होती जाती है। फलतः उष्ण-वाताग्र के समीप वर्षा करने वाले वर्षी मेघों की जगह वर्षी-स्तरी बादल (Nimbo-Stratus Clouds) मिलते हैं। इससे और आगे अधिक ऊँचाई पर उच्च-स्तरी (Alto-Stratus) मेघ बनते हैं, क्योंकि यहाँ गरम हवा कुछ अधिक ऊँचाई पर होती है। इनके भी ऊपर पक्षाभ-स्तरी (Cirro-Stratus) और अन्त में केवल पक्षाभ (Cirrus) मेघ रहते हैं।

उत्तर-पश्चिम के शीत-वाताग्र (cold front) में ठण्डी हवाएँ बराबर गरम हवा को नीचे की ओर से ऊपर को धकेलती हैं। गरम हवा के ऊपर धकेले जाने के कारण यहाँ भी बादल बनते हैं और वर्षा होती है। परन्तु यह संकुचित क्षेत्र होने के कारण बादल और वर्षा सीमित ही होती है। इस भाग में ठण्डी हवाओं के धक्कों के कारण गरम हवा बड़ी तेजी से ऊपर उठती है जिससे कपासी-वर्षी मेघ बनते हैं और भारी वर्षा करते हैं। वर्षा के साथ-साथ बादलों की गर्जन और बिज्रुत की चमक भी होती है। ठण्डी हवाओं के चलने के कारण यहाँ लगातार तापमान गिरता चला जाता है।

चक्रवात के आगमन से पूर्व आकाश में श्वेत बादलों की लम्बी टुकड़ियाँ दिखाई पड़ती हैं। श्वेत बादलों की इन लम्बी टुकड़ियों से ही चक्रवात के आगमन सम्बन्धी सूचना मिलती है। जब कभी बैरोमीटर में निरन्तर पारा नीचे गिरता हुआ दिखाई पड़े, हवाएँ अपनी दिशा बदलने लगें, सूर्य और चन्द्रमा के चारो ओर प्रभामण्डल (Halo) बन जाय तथा हवा बन्द हो जाने से नालियों में बदबू आने लगे तो समझ लेना चाहिए कि चक्रवात आने ही वाला है। चक्रवात ज्यों-ज्यों समीप आता जाता है, बादल फैलकर घने हो जाते हैं। अन्त में, कुछ ही समय में आकाश पक्षाभ-स्तरी बादलो से ढक जाता है। तदनन्तर धीमी-धीमी बौछार होने लगती है, पर शीघ्र ही घनघोर वर्षा की झड़ी लग जाती है। वर्षा के साथ-साथ प्रचण्ड वायु के झोके भी आते हैं। बैरोमीटर में पारा नीचे गिरता चला जाता है। परन्तु उष्ण-वाताश्र के पहुँचते ही बैरोमीटर में पारे का गिरना रुक जाता है और वर्षा बन्द हो जाती है। इससे आकाश बिल्कुल स्वच्छ और मौसम बड़ा सुहावना हो जाता है। सुहावने मौसम से यह प्रकट होता है कि चक्रवात का केन्द्र आ पहुँचा है। चक्रवात का केन्द्र, जब तक उष्ण-वाताश्र



चित्र 135—चक्रवात का खण्ड चित्र



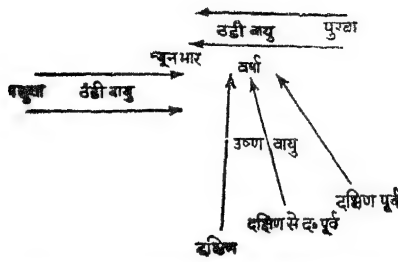
चित्र 136—चक्रवात का मौसम

नहीं गुजर जाता, बिलकुल स्वच्छ रहता है। उष्ण-वाताग्र के निकलते ही मौसम बदलने लगता है। तापमान यथायक गिरने लग जाते हैं जिससे ठण्ड भयानक रूप से बढ़ने लगती है। आकाश घने कपासी बादलों से छा जाता है और वर्षा की झड़ी लग जाती है। ये सब दशाएँ शीत-वाताग्र के आ पहुँचने की द्योतक होती हैं। वर्षा के साथ कभी-कभी ओले गिरते हैं और बादलों की गरज सुनाई देती है। बीच-बीच में बिजुत भी चमक उठती है। पर थोड़ी ही देर में वर्षा बन्द हो जाती है जो चक्रवात के अन्त होने की सूचक होती है। चक्रवात के निकल जाने पर बादल शीघ्र ही हटने लगते हैं और पुनः मेघरहित हो जाते हैं।

उत्पत्ति तथा विकास—चक्रवातों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में वैज्ञानिकों ने विभिन्न मत प्रकट किये हैं, किन्तु आज तक कोई एक मत स्थिर नहीं हो सका है। इस सम्बन्ध में प्रचलित दो प्रमुख सिद्धान्त यहाँ दिये जा रहे हैं :

- (1) गतिक सिद्धान्त (Dynamic Theory), और
- (2) ध्रुवीय वाताग्र सिद्धान्त (Polar Front Theory)।

(1) गतिक सिद्धान्त (Dynamic Theory)—गतिक सिद्धान्त के प्रमुख प्रणेता लेम्पर्ट तथा शॉ हैं। इन्होंने उत्तरी अन्ध महासागर में उड़ने वाले अनेक वायु-विक्षोभों का अध्ययन कर



चित्र 137—लेम्पर्ट तथा शॉ द्वारा प्रस्तुत

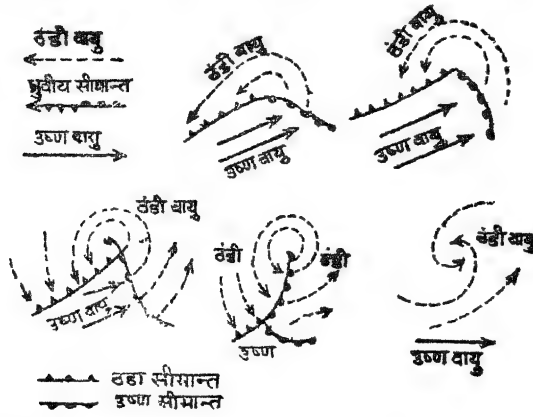
चक्रवात में पवनों का प्रारूप

पर होती है। इस सिद्धान्त में कई दोष होने से आजकल यह मान्य नहीं है।

(2) ध्रुवीय वाताग्र सिद्धान्त (Polar Front Theory)—इस सिद्धान्त को जन्म देने वाले प्रसिद्ध नावें निवासी विजकिन्स हैं। अतः यह सिद्धान्त इन्हीं के कारण विजकिन्स का सिद्धान्त भी कहलाता है।

इस सिद्धान्त के अनुसार चक्रवात की उत्पत्ति दो भिन्न तापमान वाली वायु-राशियों के मिलने से होती है। ध्रुवों से आने वाली शीतल वायु और उष्ण प्रदेशों से आने वाली गरम वायु जब एक-दूसरे के निकट आती है तो शीतल वायु-राशि वाताग्र प्रदेश (frontal zone) को विषुवत रेखा की ओर धकेलती है। इससे ध्रुवीय शीतल वायु और उष्णप्रदेशीय गरम वायु के बीच असान्तत्य रेखा (line of discontinuity) बन जाती है। वाताग्र प्रदेश में इस असान्तत्य रेखा के सहारे ही चक्रवातों की एक लहर के रूप में उत्पत्ति होती है। जब वायु सीमाग्र लहर (frontal wave) के साथ अपना सन्तुलन स्थापित करने की चेष्टा करती है तो वह वाताग्र के इस गर्त (bulge) की ओर आकर्षित हो जाती है। यहाँ हवाएँ वायुदाब के ढाल, पृथ्वी की गति और घर्षण (friction) आदि के सम्मिलित प्रभाव के फलस्वरूप एक विशिष्ट चक्रवात के रूप में बदल जाती है। वायु का यह चक्र कुछ ऐसा रहता है जिससे चक्रवात के एक भाग में उष्ण प्रदेश की गरम वायु असान्तत्य रेखा को पार कर शीतल वायु के अन्दर घुसने की चेष्टा करती है और चक्रवात के दूसरे भाग में शीतल वायु उष्ण-वायु का स्थान लेती है। इस प्रकार उष्ण वायु के आगे-पीछे

दोनों ओर शीतल वायु रहती है। इसको शीत-वाताग्र (cold front) कहते हैं। चक्रवात के अग्रभाग में उष्ण प्रदेश की वायु को उष्ण-वाताग्र (warm front) कहते हैं। उष्ण प्रदेशों से उठने वाली



चित्र 138—ध्रुवीय वाताग्र सिद्धान्त के अनुसार चक्रवात का विकास

पछुआ हवाओं और ध्रुवों से आने वाली पूर्वी हवाओं के बीच एक अनियमित (irregular) सीमा-क्षेत्र होता है। इस अनियमित सीमाग्र को ही ध्रुवीय-वाताग्र (polar front) कहा जाता है।

चक्रवात के उपरोक्त सिद्धान्त को यद्यपि आजकल मान्यता प्राप्त है, फिर भी इसको ज्यों का त्यों मान लेने में कई आपत्तियाँ हैं। इस सिद्धान्त के अन्दर यह माना गया है कि उष्ण प्रदेश की गरम वायु शीतल वायु के ऊपर चढ़ती है, परन्तु वायु के इस प्रकार चढ़ने का कारण क्या है, इसका कोई सन्तोषप्रद स्पष्टीकरण नहीं किया गया है। फिर निम्न वायुदाब को बनाने वाली कौन-सी भौतिक शक्तियाँ हैं तथा हवाएँ क्यों और किस प्रकार दूर हट जाती हैं, जिससे कि चक्रवात में बराबर निम्न वायुदाब बना रहता है, इन प्रश्नों पर भी कोई प्रकाश नहीं डाला गया है।

अस्तु, इन बातों को देखते हुए यह कहा जा सकता है कि चक्रवात और प्रति-चक्रवातों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में वर्तमान कोई भी मत पूर्ण नहीं है। चक्रवातों और प्रति-चक्रवातों की कई अलग-अलग जातियाँ हैं जिनकी उत्पत्ति भी भिन्न कारणों से होती है। इस दृष्टि से चक्रवातों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में कोई एक धारणा बना लेना असंगत होगा। इनका सम्पूर्ण ज्ञान तो तभी सम्भव है, जबकि हम प्रत्येक चक्रवात को अलग-अलग लेकर उसकी अवस्थाओं का उचित विश्लेषण करें।¹

शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों के प्रकार

शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों को हम्फ्रीज (Humphreys) ने चार भागों में बाँटा है।

(1) तापीय चक्रवात (Thermal Cyclones)—तापीय चक्रवात तापमान और वायुदाब की असमानता के कारण उत्पन्न होते हैं। अधिक उष्ण क्षेत्रों में अपने आसपास के भागों से वायुदाब अपेक्षाकृत कम रहता है। यही अवस्था इन चक्रवातों के बनने के लिए अनुकूल होती है। परन्तु ये चक्रवात स्थल की अपेक्षा उष्ण-जल पर अधिक उत्पन्न होते हैं। प्रायः ये ऐसे समुद्रों में उत्पन्न होते हैं जो चारों ओर ठण्डे स्थल भागों से घिरे होते हैं। इस दृष्टि से उत्तरी गोलार्द्ध में दक्षिणी-पूर्वी ग्रीनलैण्ड, दक्षिणी-पश्चिमी आइसलैण्ड, नोर्वेजियन सागर और ओखोटस्क सागर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में रौस सागर और वेण्डल सागर इन चक्रवातों के महत्त्वपूर्ण क्षेत्र हैं। तापीय चक्रवात प्रायः जाड़ों में अधिक आया करते हैं।

¹ D. Burnt : Meteorology, p. 85

(2) **सूर्याभिताप चक्रवात (Insolational Cyclones)**—सूर्याभिताप चक्रवात प्रायः ऐसे प्रायद्वीपीय क्षेत्रों में उत्पन्न होते हैं जो तीन ओर से अपेक्षाकृत ठण्डे समुद्रों से घिरे होते हैं। सूर्याभिताप की तीव्रता के कारण जब स्थल का कोई भाग बहुत अधिक गरम हो जाता है तो वहाँ वायुदाब घट जाता है। ऐसी अवस्था में चारों ओर से हवाएँ न्यूनदाब केन्द्र की ओर दौड़ने लगती हैं जिससे चक्रवात बन जाता है। इस प्रकार के चक्रवात साइबेरिया प्रायद्वीप, अलास्का, संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिणी-पश्चिमी भाग तथा उत्तरी-पश्चिमी आस्ट्रेलिया में बहुलता में आया करते हैं। प्रायः ये अर्द्ध-स्थायी प्रकृति के होते हैं।

(3) **भ्रमणशील चक्रवात (Migratory Cyclones)**—ऐसे चक्रवात अधिक तापमान से उत्पन्न तीव्र सवहन धाराओं के कारण उत्पन्न होते हैं। ये बहुत ही कम समय तक बने रहते हैं। अपने अल्पकालीन जीवन में ये संघनन (condensation) के समय छोड़ी गयी गुप्त ताप (latent heat) के कारण ही बने रहते हैं। अवधि की दृष्टि से ये बहुत अस्थायी प्रकृति के होते हैं।

(4) **संयुक्त सीमान्त (Occlusions)**—वाताग्र गर्तचक्र (frontal depression) सामान्यतः कुछ ही समय ठहरता है। वस्तुतः उसकी जीवन अवधि बड़ी अल्प होती है। इसका मुख्य कारण यह है कि पश्चिम से आने वाली ठण्डी हवा निरन्तर गरम हवा को दूर हटाती जाती है जिससे उष्ण वृत्तांश (warm sector) लगातार छोटा होता जाता है। धीरे-धीरे शीत-वाताग्र (cold front) इसी प्रकार आगे बढ़ते-बढ़ते अन्त में उष्ण-वाताग्र (warm front) से मिल जाता है, जिससे गर्तचक्र समाप्त हो जाता है। शीत-वाताग्र और उष्ण-वाताग्र के इस प्रकार मिल जाने को ही **सीमान्त मिलन (occlusion)** कहते हैं। गरम और शीतल सीमाग्रों के मिल जाने से एक तीसरे प्रकार का सीमाग्र बन जाता है जिसे 'संयुक्त वाताग्र' (occluded front) कहते हैं। अधिधारण के उपरान्त कुछ समय तक शीतल और उष्ण वायु के सम्मिश्रण से अधिविष्ट वाताग्र के पास वर्षा होने लगती है। इसके अतिरिक्त अधिविष्ट वाताग्र के दोनों ओर तापमान में कुछ अन्तर रहता है।

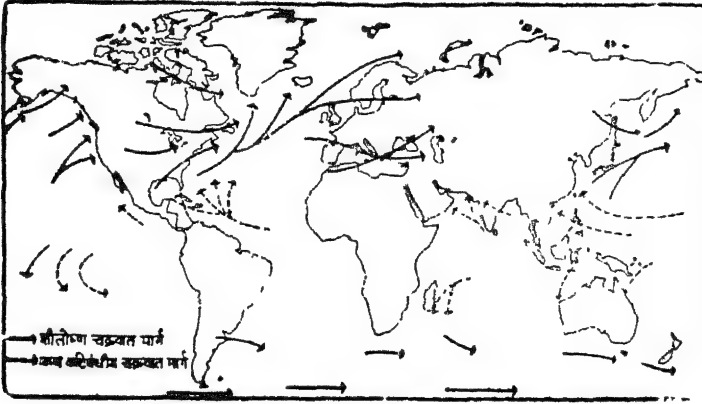
संयुक्त वाताग्र (occluded front) में ठण्डी, गरम और अत्यन्त शीतल तीनों ही प्रकार की हवाएँ रहती हैं। अतः इसकी वायु व्यवस्था के अनुसार अधिविष्ट वाताग्र या तो गरम होता है या ठण्डा। शीतल संयुक्त वाताग्र (cold occluded front) उस समय होता है जब बहुत अधिक शीतल वायु गरम वायु के भाग में प्रविष्ट हो जाती है। इससे गरम तथा शीतल दोनों ही प्रकार की वायु ऊपर को उठने लगती हैं। शीतल और गरम वायु के ऊपर उठने पर दोनों आपस में मिल जाती हैं और दोनों के बीच गरम हवा ऊपर उठी रह जाती है।

चक्रवातों के मार्ग

मध्य अक्षांशों के समस्त भू-भाग चक्रवातों और प्रति-चक्रवातों से प्रभावित रहते हैं। इन्हीं के समान पछुआ हवाओं की पेट्टी के दोनों ओर के छोर भी इनके प्रभाव से अछूते नहीं रहते। चक्रवाती तूफानों का इन सब भागों पर एक ही समान प्रभाव नहीं पड़ता, क्योंकि इन तूफानों के चलने के मार्ग निश्चित और बँधे हुए नहीं हैं। फिर भी एक ऐसी चौड़ी पेट्टी है जिसमें तूफान अन्य भागों की अपेक्षा अधिक चला करते हैं। इन तूफानों का प्रभाव इनके केन्द्र के मार्ग से काफी दूर तक होता है। अगले चित्र में तूफानों के मार्ग दिखाये गये हैं।

दक्षिणी गोलार्द्ध में ध्रुव पर स्थित अण्टार्कटिक महाद्वीप पर सदैव बर्फ जमी रहने से शीतल वायु बनी रहती है। इस स्थिर वायु-राशि के प्रभाव में वहाँ वर्ष-भर—ग्रीष्म और शरद ऋतु—चक्रवाती तूफानों का समान रूप से जोर रहता है। वहाँ ये तूफान ध्रुववृत्तीय निम्न दाब की द्रोणिका (trough) का अनुसरण करते दीख पड़ते हैं। दक्षिणी अमरीका का हॉर्न अन्तरीप का

प्रदेश वर्ष-भर तूफानों से आक्रान्त रहता है। अर्जेंटाइना के पैम्पाज क्षेत्र भी शीत ऋतु के चक्रवातों से प्रभावित रहते हैं।



चित्र 139—चक्रवातों के मार्ग

उत्तरी गोलार्द्ध में जल और स्थल के विशेष वितरण से वहाँ के तापमानों में बड़ा भारी अन्तर पाया जाता है। तापमानों का यह अन्तर समुद्रों में चलने वाली उष्ण जल धाराओं से और भी बढ़ जाता है। इस अन्तर के फलस्वरूप चक्रवातों का प्रभाव समुद्रों की अपेक्षा स्थल पर कम होता है। इन भागों में चक्रवात ग्रीष्म की अपेक्षा शीत ऋतु में ही अधिक आया करते हैं।

उत्तरी गोलार्द्ध में ध्रुवीय और ध्रुववृत्तीय प्रदेशों में धरातली शीतल वायु-राशि बड़ी ही क्षीण और अस्थिर रहती है। यह उत्तरी गोलार्द्ध के समस्त तूफानों को जन्म देने वाली होती है। फलतः ध्रुवीय और ध्रुववृत्तीय प्रति-चक्रवात अपेक्षतया ग्रीष्म में कमजोर रहते हैं। ग्रीष्म ऋतु में इसी कारण समस्त उत्तरी गोलार्द्ध में तूफानों का उत्पात कम रहता है और उनका मार्ग भी ध्रुवों की ओर खिसक जाता है। इसके विपरीत, जाड़ों में ध्रुवीय और ध्रुववृत्तीय उच्च वायुदाब केन्द्र भलीभाँति विकसित हो जाते हैं जिससे जाड़ों में चक्रवाती तूफान बड़े ही तीव्र और बहुलता से आया करते हैं। चक्रवातों का प्रभाव मुख्यतः उत्तरी प्रशान्त महासागर (एल्यूसियन का निम्न वायुदाब केन्द्र), उत्तरी संयुक्त राज्य और दक्षिणी कनाडा, उत्तरी अन्ध महासागर (आइसलैण्ड का निम्न वायुदाब केन्द्र) और उत्तरी-पश्चिमी यूरोप पर होता है। सुदूर-पूर्व में मध्य और उत्तरी चीन तथा जापान में अपेक्षतया चक्रवातों का प्रभाव पाया जाता है।

चक्रवात प्रायः समस्त पृथ्वी की परिक्रमा करते देखे गये हैं। ऐसा ही एक चक्रवात जिसका केन्द्र अमरीका के प्रशान्त तट पर था 23 फरवरी, 1925 को चलकर 19 मार्च, 1925 को पूरे विश्व की परिक्रमा करने के बाद वहाँ जा पहुँचा।

(2) उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात (Tropical Cyclones)

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात जैसा कि नाम से प्रकट होता है, ये मुख्यतः उष्ण कटिबन्ध से सम्बन्धित हैं। अतएव भूमध्यरेखा के $23\frac{1}{2}^{\circ}$ उत्तर तथा दक्षिण के मध्य जो चक्रवात उत्पन्न होते हैं, वे उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात कहे जाते हैं। इन चक्रवातों के अनेक रूप देखे जाते हैं। ये अपनी गति, आकार तथा मौसम सम्बन्धी बातों में पर्याप्त भिन्न होते हैं। शीतोष्ण चक्रवातों की भाँति इन चक्रवातों में समरूपता का अभाव होता है। इन चक्रवातों का अभी तक गहराई के साथ व्यवस्थित अध्ययन नहीं हो पाया है। अतः इनके सम्बन्ध में जो भी विवरण उपलब्ध है वह अपूर्ण और

अस्पष्ट है। फिर भी इनमें कुछ ऐसी विशेषताएँ देखी जाती हैं जिनके सहारे इनको भली प्रकार पहचाना जा सकता है। इनकी प्रमुख विशेषताएँ निम्न प्रकार हैं :¹

(1) इन चक्रवातों के आकार में पर्याप्त अन्तर होता है। सामान्यतः इनका व्यास 80 से 300 किलोमीटर तक होता है। किन्तु कभी-कभी इनका व्यास 50 किलोमीटर से भी कम देखा जाता है।

(2) इन चक्रवातों की गति में बड़ा अन्तर होता है। साधारण चक्रवात 32 किलोमीटर प्रति घण्टे की गति से भ्रमण करते हैं, जबकि हरीकेन तथा टाइफून्स 120 किलोमीटर प्रति घण्टे से भी अधिक गति से यात्रा करते हैं।

(3) समुद्रों में इन चक्रवातों की गति तेज होती है परन्तु स्थल भागों पर आते-आते इनकी गति क्षीण हो जाती है। स्थल के भीतरी भागों में पहुँचते-पहुँचते ये समाप्त हो जाते हैं। यही कारण है कि ये केवल महाद्वीपों के तटीय क्षेत्रों को ही प्रभावित करते हैं।

(4) ये हमेशा गतिशील नहीं होते। कभी-कभी ये एक ही स्थान पर कई दिन तक ठहर जाते हैं और वहाँ तीव्र वर्षा करते हैं।

(5) चूँकि इन चक्रवातों में विभिन्न वाताग्र (fronts) नहीं होते, इसलिए शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों की भाँति इनमें तापक्रम सम्बन्धी विभिन्नता नहीं पायी जाती।

(6) इन चक्रवातों के केन्द्र में न्यून वायुदाब होता है। इनकी समदाब रेखाएँ वृत्ताकार होती हैं, परन्तु सख्या बहुत कम होती है। फलस्वरूप ये मानचित्रों पर सरलता से दिखाई नहीं पड़ते।

(7) इन चक्रवातों का भ्रमण पथ भिन्न-भिन्न क्षेत्रों में भिन्न रहता है। सामान्यतः ये व्यापारिक हवाओं के साथ पूर्व से पश्चिम की ओर चलते हैं। भूमध्य रेखा से 15° अक्षांशों तक इनकी भ्रमण-दिशा पश्चिमी, 15 से 30° तक ध्रुवों की ओर तथा उसके आगे पुनः पश्चिमी हो जाती है। ये चक्रवात उपोष्ण कटिबन्ध में प्रवेश करने के साथ ही समाप्त होने लग जाते हैं।

(8) ये चक्रवात मुख्यतः ग्रीष्मकाल में आते हैं। शीतकाल में ये नहीं देखे जाते। शीतोष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों की तुलना में इनका प्रभाव क्षेत्र कम होता है और इनकी सख्या भी कम होती है।

(9) ये चक्रवात अपनी प्रचण्ड गति और तूफानी स्वभाव के कारण अत्यन्त विनाशकारी होते हैं।

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों के प्रकार

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों को उनके आकार, स्वभाव, मौसम एवं तीव्रता के आधार पर सामान्यतः निम्न प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है :

(1) उष्ण कटिबन्धीय विक्षोभ (Tropical disturbance),

(2) उष्ण कटिबन्धीय अवदाब (Tropical depressions),

(3) उष्ण कटिबन्धीय तूफान (Tropical storms)।

(1) उष्ण कटिबन्धीय विक्षोभ (Tropical Disturbance)—ये विक्षोभ भूमध्यरेखीय न्यून वायुदाब की पेटी [जो कि विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब गर्त (equatorial trough of low pressure) के नाम से पुकारी जाती है] से सम्बन्धित होते हैं। उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों में ये सबसे अधिक विस्तृत होते हैं। इनमें एक या दो घिरी-घिरी समदाब रेखाएँ होती हैं। कभी-कभी घिरी समदाब रेखाओं का अभाव भी देखा जाता है। इनमें हवाएँ बहुत ही क्षीण गति से केन्द्र की ओर चलती हैं। ये विक्षोभ बड़े मन्द गति से आगे बढ़ते हैं। कभी-कभी ये एक ही स्थान पर कई

¹ G. T. Tiewartha : *Introduction to Weather and Climate*, p. 274

दिन तक स्थिर हो जाते हैं। इस प्रकार के विक्षोभ में हवाएँ पूर्व से पश्चिम की ओर चलती हैं। इन हवाओं को **पूर्वी तरंग (Easterly wave)** कहा जाता है। इनकी गति 300 से 500 किलोमीटर प्रतिदिन होती है। इन हवाओं से कभी-कभी पर हल्की वर्षा हो जाती है।

(2) **उष्ण कटिबन्धीय अवदाब (Tropical Depressions)**—छोटे आकार वाले उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातो को अवदाब कहा जाता है। इनमें एक से अधिक घिरी समदाब रेखाएँ होती हैं। ये भी विषुवत रेखीय गर्त से सम्बन्धित होते हैं। इनकी उत्पत्ति व्यापारिक हवाओं के साथ न होकर अन्तरा उष्ण कटिबन्धीय अभिसरण (inter tropical convergence—ITC) के साथ होता है। इनमें दाब प्रवणता (gradient) बहुत हल्की होती है। अतः इनमें हवाओं की गति 40 से 50 किलोमीटर प्रति घण्टा से अधिक नहीं होती। इनकी दिशा और गति अनियमित होती है। कभी-कभी ये एक ही स्थान पर कई दिनों तक स्थिर हो जाते हैं।

ये अवदाब मुख्यतः भारत और आस्ट्रेलिया में ग्रीष्म ऋतु में अधिक आते हैं। बंगाल की खाड़ी के उत्तरी भाग से उत्पन्न होकर ये अवदाब पश्चिम तथा उत्तर-पश्चिम की ओर चलते हैं। इनसे पश्चिमी बंगाल, उड़ीसा, बिहार, मध्य प्रदेश तथा उत्तर-प्रदेश में वर्षा होती है। आस्ट्रेलिया में ये पश्चिम की ओर चलते हैं और उत्तरी-पश्चिमी आस्ट्रेलिया में वर्षा करते हैं। इन अवदाबों से प्रभावित क्षेत्रों में भारी वर्षा होती है। कभी-कभी इनसे इतनी वर्षा होती है कि नदियों में बाढ़ आ जाती है तथा धन-जन की अपार क्षति होती है। जापान तथा चीन के दक्षिणी भाग भी इनसे प्रभावित होते हैं।

(3) **उष्ण कटिबन्धीय तूफान (Tropical Storms)**—उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातो में बहुत अधिक विकसित और विस्तृत चक्रवातो को तूफान कहा जाता है। इनमें कई घिरी हुई समदाब रेखाएँ होती हैं। समदाब रेखाएँ पास-पास होने से इनमें दाब प्रवणता अधिक होती है। इसलिए इनमें हवाओं का वेग लगभग 120 किलोमीटर प्रति घण्टा के होता है। ये तूफान अलग-अलग स्थानों पर अलग-अलग नामों से पुकारे जाते हैं। उदाहरणतः इन्हें पश्चिमी द्वीप समूह में **हुरीकेन (Hurricane)**, चीन सागर में **टाइफून (Typhoon)**, पूर्वी एशिया एवं दक्षिणी-पूर्वी एशिया में **चक्रवात (Cyclone)** तथा संयुक्त राज्य अमेरिका एवं मेक्सिको में **टोरनेडो (Tornado)** कहा जाता है।

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों की उत्पत्ति

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातो की उत्पत्ति के सम्बन्ध में विद्वानों में बड़ा मतभेद है। वाताग्र सिद्धान्त के मानने वालों का कहना है कि सभी प्रकार के चक्रवातों की उत्पत्ति वाताग्रों के कारण ही होती है। विषुवतरेखीय भागों में यद्यपि दो विपरीत तापमान वाली वायु-राशियों का अभाव देखा जाता है, फिर भी यहाँ स्थलीय और सागरीय हवाओं के मिलने से वाताग्र का निर्माण हो जाता है और इसी से इन चक्रवातों की उत्पत्ति हो जाती है। किन्तु आजकल इस मत को विशेष मान्यता प्राप्त नहीं है। कुछ विद्वानों के अनुसार ये चक्रवात गर्मियों में अन्तरा उष्ण कटिबन्धीय अभिसरण (ITC) के साथ उत्पन्न होते हैं, जबकि यह अभिसरण क्षेत्र 5° से 30° उत्तरी अक्षांश की ओर खिसक जाता है। यहाँ पृथ्वी की अक्षीय गति के कारण हवाएँ गोलाकार रूप धारण कर लेती हैं। कतिपय विद्वानों की मान्यता है कि पूर्वी तरंग (easterly wave) ही आगे चलकर उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातो में परिणत हो जाती है। तथ्य कुछ भी हो उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों के जन्म और विकास के लिए निम्न बातें आवश्यक मानी जाती हैं :

(i) ये केवल ग्रीष्मकाल में ही उत्पन्न होते हैं, जबकि तापमान 80° फा० से ऊपर होता है।

(ii) ये केवल उष्ण समुद्रों में ही उत्पन्न होते हैं।

(iii) विषुवत रेखा पर ये नहीं पाये जाते। इनकी उत्पत्ति का क्षेत्र 8° से 15° उत्तर अक्षांशों के मध्य स्थित होता है।

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात में मौसम

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात के आगमन पर मौसम में भारी परिवर्तन होता है। इनके आगमन के पहले वायु शान्त हो जाती है। वायुदाब सामान्य से थोड़ा ऊँचा हो जाता है। आकाश में पक्षाभ मेघ छा जाते हैं और समुद्र में बड़ी-बड़ी तरंगें उठती हैं। चक्रवात के समीप पहुँच जाने पर वायुदाब घटने लगता है और पवनवेग बढ़ जाता है। हवाएँ तूफान का रूप धारण कर लेती हैं। आकाश कपासी-वर्षी मेघों से ढक जाता है। और मूसलाधार वर्षा प्रारम्भ हो जाती है। वर्षा सामान्यतः 10 से 25 सेमी तक होती है, कभी-कभी विशेष परिस्थितियों में वर्षा का औसत 100 सेमी तक पहुँच जाता है। समुद्र में भीषण तूफान आ जाता है। आकाश पूर्णतया मेघाच्छन्न हो जाता है जिससे दृश्यता (visibility) बिल्कुल समाप्त हो जाती है। यह स्थिति कुछ घण्टों तक रहती है। बाद में अचानक वायु शान्त हो जाती है। आकाश मेघरहित हो जाता है और वर्षा बन्द हो जाती है। यह स्थिति चक्रवात के कक्ष (केन्द्र) (eye of the storm) की परिचायक होती है। वायुदाब न्यूनतम होता है। यह अवस्था थोड़े समय ही रहती है। इसके बाद चक्रवात का पृष्ठ भाग आ जाता है। आकाश पुनः काले बादलों से ढक जाता है। घनघोर वर्षा प्रारम्भ हो जाती है। यह दशा कई घण्टे तक बनी रहती है। ज्यों-ज्यों चक्रवात आगे बढ़ता जाता है वायुदाब बढ़ता जाता है और वायु मन्द पड़ जाती है। चक्रवात के निकल जाने पर आकाश से बादल छँट जाते हैं और मौसम सुहावना हो जाता है।

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों का वितरण

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात दोनों गोलार्द्धों में मुख्यतः 5° से 15° अक्षांशों के मध्य पाये जाते हैं। इनके छः प्रमुख क्षेत्र हैं जो निम्न प्रकार हैं :

(1) उत्तरी अटलांटिक महासागर—इस महासागर में इनका क्षेत्र 30° उत्तरी अक्षांश तक फैला हुआ है। प्रतिवर्ष इस भाग में लगभग सात चक्रवात आते हैं जिनमें से आधे हरिकेन का रूप ग्रहण करते हैं। इसके कुछ उप-विभाग हैं जो निम्न प्रकार हैं :

(i) बड़े अन्तरीप द्वीप क्षेत्र—इस क्षेत्र में अगस्त व सितम्बर में चक्रवात आते हैं।

(ii) कैरेबियन सागर क्षेत्र—इस सागर के उत्तर तथा दक्षिण दोनों भागों में तूफान आते हैं। उत्तरी भाग में मई से नवम्बर तक तथा दक्षिणी भाग में जून से अक्टूबर तक तूफान अधिक आते हैं।

(iii) पश्चिमी द्वीप समूह क्षेत्र—इस क्षेत्र में जून से अक्टूबर तक तूफानों का अधिक प्रकोप रहता है। इन तूफानों से संयुक्त राज्य अमेरिका के पूर्वी तट का दक्षिणी भाग फ्लोरिडा तट भी प्रभावित होता है।

(iv) मेक्सिको की खाड़ी का क्षेत्र—इस क्षेत्र में जून से अक्टूबर तक भीषण चक्रवात आते हैं।

(2) उत्तरी प्रशान्त महासागर—यह क्षेत्र मेक्सिको व मध्य अमेरिका के पश्चिमी तट के समीप स्थित है। यहाँ जून से नवम्बर तक 5-6 चक्रवात आते हैं जिनमें से लगभग 2 हरिकेन का रूप ले लेते हैं।

(3) दक्षिणी प्रशान्त महासागर—यह क्षेत्र आस्ट्रेलिया के पूर्वी तट से लेकर सोसाइटी द्वीप' क्रिश्चियन द्वीप एव हवाई द्वीप तक फैला हुआ है। इस क्षेत्र में दिसम्बर से अप्रैल तक तूफान आते हैं।

(4) चीन सागर—यह क्षेत्र दक्षिणी चीन, वियतनाम, फिलीपाइन द्वीप समूह तथा दक्षिणी जापान तक विस्तृत है। इस क्षेत्र में मई से दिसम्बर तक तूफान आते हैं। वर्ष में लगभग 20-21 तूफान आ जाते हैं। इस क्षेत्र के तूफानों को 'टाईफून' कहते हैं।

(5) उत्तरी हिन्द महासागर—इस क्षेत्र में बंगाल की खाड़ी और अरब सागर में उत्पन्न होने वाले चक्रवात आते हैं। यहाँ ये अप्रैल से दिसम्बर तक आते हैं। बंगाल की खाड़ी में 6-7 और अरब सागर में केवल एक-दो चक्रवात प्रतिवर्ष आते हैं।

(6) दक्षिणी हिन्द महासागर—इस क्षेत्र में मेडागास्कर रियूनियन व मारीशस द्वीपों के आसपास का भाग आता है। यहाँ नवम्बर से अप्रैल तक औसतन एक या दो चक्रवात प्रतिवर्ष आते हैं।

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों का प्रभाव

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवात अपने प्रभाव में बड़े भीषण होते हैं। जब ये आगे बढ़ते हैं तो मार्ग की वस्तुओं को समूल नष्ट करते हुए आगे बढ़ते हैं। समुद्रों पर जहाँ इनकी प्रगति में कोई बाधा नहीं पड़ती बड़ा ही विनाशकारी प्रभाव दिखाते हैं। समुद्रों में इनके कारण बड़ी-बड़ी लहरें उत्पन्न होती हैं जिससे समुद्रों में चलने वाले जहाजों को बड़ी भारी क्षति उठानी पड़ती है। इनकी विनाश-लीला समुद्रतटों और छोटे-छोटे द्वीपों में भली-भाँति देखी और अनुभव की जा सकती है। ज्वार की भयंकर लहरें समुद्रतटों पर आकर चोट करती हैं तो अपार धन-जन की हानि होती है। अक्टूबर 1876 ई० में बंगाल के तट पर ऐसा ही एक चक्रवात आया था जिसमें देखते ही देखते 1 लाख मनुष्यों की प्राणाहुति लग गयी। इसी तरह कम विस्तार वाला परन्तु भीषण चक्रवात फाल्स पॉइण्ट पर 19-22 सितम्बर, 1885 ई० को उत्पन्न हुआ था। इस तूफान के समय सबसे कम वायुदाब 27.135" के अंक प्राप्त हुए थे, जो उष्ण कटिबन्ध में समुद्र पर कभी भी अंकित नहीं किये गये थे। सन् 1883 में बंगाल की खाड़ी में एक विशिष्ट चक्रवात 26 जून से 4 जुलाई तक बराबर अपनी भीषणता में बना रहा। बंगाल की खाड़ी में उठने वाले चक्रवातों में सबसे अधिक उल्लेखनीय और उष्णप्रदेशीय चक्रवातों का सबसे सुन्दर उदाहरण कोकोनाडा चक्रवात है। मद्रास तट पर कोकोनाडा नामक स्थान पर 17 अक्टूबर, 1933 को बंगाल की खाड़ी से एक भीषण तूफान आया और उसने वहाँ जो विनाश-लीला फैलायी वह भारतीय चक्रवातों के इतिहास में सदा स्मरणीय रहेगी। इस तूफान की उत्पत्ति अण्डमान द्वीप के निकट 13 अक्टूबर, 1933 को प्रातःकाल हुई थी जो क्रमशः प्रगति करता हुआ 20 अक्टूबर को प्रातःकाल लखनऊ पहुँच गया था।¹

उष्ण कटिबन्धीय चक्रवातों के मुख्य रूप

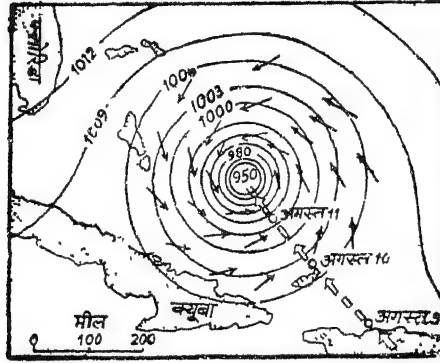
इन चक्रवातों के उल्लेखनीय रूप निम्न हैं : (1) हरीकेन या टाईफून, (2) बवण्डर या टोरनेडो व (3) पूर्ण मेघ। इनका परिचय नीचे दिया जा रहा है :

(1) हरीकेन या टाईफून—ये एक प्रकार के उष्ण कटिबन्धीय तूफान हैं जो संयुक्त राज्य अमेरिका में हरीकेन तथा चीन में टाईफून के नाम से प्रसिद्ध हैं। ये निम्न अक्षांशों से उठा करते हैं। ये तूफान बड़े ही भीषण और महाविनाशकारी होते हैं। ऐसे भयंकर तूफान केवल समुद्रों पर ही उठा करते हैं क्योंकि वहीं बड़ी मात्रा में भाप उपलब्ध होती है और पवनों के चलने में कोई बाधा नहीं होती। प्रायः इनकी उत्पत्ति ऐसे समुद्री भागों में होती है जहाँ व्यापारिक पवनें डोलड्रम के साथ लुप्त हो जाती हैं। इन तूफानों को जन्म देने में स्थानीय गरमी और भाप ही विशेष सहायता करती है। ग्रीष्म के अन्त में इन तूफानों की संख्या बढ़ जाती है। अधिकतर इन तूफानों की दिशा व्यापारिक पवनों के अनुरूप पहले पश्चिम की ओर होती है परन्तु 20° और 25° उत्तरी अक्षांश

1 C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 466

के समीप इनका रख ध्रुवों की ओर बदल जाता है। ज्योंही वे मध्य अक्षांशों अथवा भू-खण्डों में प्रवेश करते हैं इनकी भीषणता कुछ कम हो जाती है। इन तूफानों को बनाये रखने वाली मुख्य शक्ति सघनन के समय छूटी हुई गुप्त ताप (latent heat) होती है। इसी से इनके साथ भयकर वर्षा भी होती है। तूफान की प्रारम्भिक अवस्था में कुछ शक्ति विपरीत वायु-राशियों के मिलने की प्रतिक्रियास्वरूप मिल जाती है।

वैसे ये प्रभंजन अपने आप में अनोखे होते हैं परन्तु कुछ बातों में वे मध्य अक्षांशों के



चित्र 140—पश्चिमी द्वीपसमूह में विकसित प्रभंजन

है। केन्द्र में सर्वत्र समान वर्षा होती है। प्रभंजन के पृष्ठभाग में तेज हवाओं के कारण अग्रभाग की अपेक्षा कम वर्षा होती है। कभी-कभी इन प्रभंजनों में इतनी वर्षा होती है कि प्रभंजन निकल जाने के बाद भूमि पर कमर तक गहरा पानी हो जाता है।¹ केन्द्र के चारों ओर तापमान का वितरण सब दिशाओं में समान रहता है। इनमें पवनो का बहुत शीघ्र स्थान्तरण नहीं होता। हवाएँ धीरे-धीरे एकत्रित होकर भँवर में बदल जाती हैं और केन्द्र से बराबर ऊपर उठा करती हैं। हरीकेन का केन्द्र एकदम शान्त और वर्षारहित होता है। केन्द्र का व्यास 5 से 30 मील तक होता है। ये प्रभंजन जाड़े की अपेक्षा गर्मी में ही अधिक आया करते हैं।

इन प्रभंजनों का कोई निश्चित आकार नहीं होता। साधारणतः ये छोटे होते हैं, परन्तु बड़े तीव्र होते हैं। भँवर का कुल व्यास 100 से 400 मील तक हो सकता है। पवनों का वेग हमेशा ही भीषण नहीं होता, परन्तु कभी-कभी इनका वेग 90 से 130 मील प्रति घण्टा तक हो जाता है। जब इन तूफानों का भीषण प्रकोप होता है तो ये समुद्रतट की बस्तियों को उजाड़ देते हैं, असंख्य लोगों के प्राण ले लेते हैं और बड़ी मात्रा में जहाजों और नावों को समुद्र में डुबो देते हैं। इन तूफानों से भीषण विनाश, भारी वर्षा और साथ में आने वाली बाढ़, प्रचण्ड वेग से चलने वाली हवाओं और समुद्र के फुफकारती हुई लहरों के कारण होता है। 18 सितम्बर, 1926 में आने वाले ऐसे ही एक विकराल हरीकेन से फ्लोरिडा के मियामी जिले (Miami District) में 144 मनुष्य अकाल ही काल की गोद में चले गये और जो क्षति सम्पत्ति आदि के रूप में हुई वह 7,50,00,000 डालर के लगभग थी।²

(2) बवण्डर या टोरनेडो (Tornadoes)—बवण्डर बहुत ही छोटे आकार के तूफान हैं। परन्तु विश्व में इनसे अधिक विनाशक और भयकर कोई अन्य तूफान नहीं होते। आर० डी० सी०

¹ Ivan Roy · *Hurricanes, Their Nature and History*, p. 70

² Trewartha : *Introduction to Climate and Weather*, p. 281

वार्ड के अनुसार, बवण्डर एक बहुत ही न्यून विस्तार वाली वायु की तीव्र भँवर है जिसमें हवाओं की गति केन्द्र के समीप बड़ी प्रचण्ड हो उठती है और वहाँ से घड़ी की सुई के प्रतिकूल दिशा ग्रहण कर ऊपर उठती है जिससे उनकी भयंकरता दुनिया के ज्ञात किसी भी तूफान से अधिक होती है। टोरनेडो के अतिरिक्त दूसरी कोई महानाशक शक्ति दुनिया में नहीं है। परन्तु सौभाग्यवश ये दुनिया के एक विशेष भाग तक ही सीमित है और आते भी यदाकदा ही है। इनका विस्तार प्रायः 300 से 1500 फुट तक होता है। शीत-वाताग्र (cold front) से इनका गहरा सम्बन्ध रहता है। ऐसे भागों में जहाँ उष्ण प्रदेशों से आने वाली अति गरम और आर्द्र हवा ध्रुवीय शीतल वायु से संघर्ष में रहती है वहाँ ये अधिक पनपते हैं। बसन्त और ग्रीष्म के प्रारम्भ में ये अधिक देखे जाते हैं। टोरनेडो के आगमन के पूर्व प्रायः काले बादल आकाश में छाये रहते हैं। इन घटाटोप बादलों से प्रायः एक कीप के समान (funnel shaped) बादल लटका या टँगा रहता है जो बार-बार इधर-उधर व ऊपर-नीचे होता है। यही बादल बवण्डर या टोरनेडो कहलाता है।



चित्र 141—टोरनेडो

जब बवण्डर आता है तो ऐसी गर्जना करता है जैसे 10,000 मालगाड़ियाँ एक साथ गुजर रही हों। यह हमेशा पश्चिम या दक्षिण-पश्चिम से आता है और उत्तर-पूर्व की ओर बढ़ जाता है। इसकी गति प्रायः तेज चलने वाली गाड़ी के समान होती है। इसमें हवाओं की गति 100 से 200 मील प्रति घण्टा होती है। कभी-कभी गति इससे भी अधिक रहती है। इसके उत्पात का क्षेत्र प्रायः $\frac{1}{4}$ मील से भी कम चौड़ा होता है। इसकी सम्पूर्ण जीवन-लीला एक-आध घण्टे में ही समाप्त हो जाती है। जब कुछ-कुछ धुँधलापन होता है और बड़ी घनघोर वर्षा होती है तो यह अपनी प्रलय-लीला फैला देता है और यह प्रलय-लीला कुछ समय में ही हो जाती है। क्षण भर में मकानों का ढेर और मनुष्यों की समाधियाँ लग जाती हैं। मरे हुए पशु चारों ओर फैले रहते हैं। इन सबको देखकर किसी की समझ में भी नहीं आता कि क्या हुआ। ज्योंही किसी स्थान से बवण्डर गुजर जाता है, वहाँ अमिट शान्ति छा जाती है। जब आगे बढ़ता है तो जो भी इसके मार्ग में आता है वहाँ इसी प्रकार ताण्डव नृत्य फैलाता जाता है। यह बड़े ही दुर्भाग्य की बात है कि जब कभी बवण्डर के अनुकूल अवस्थाएँ बन जाती हैं तो एक ही प्रदेश में कई बवण्डर एक साथ पनप जाते हैं। 19 फरवरी, 1884 का दिन समस्त तूफानों के इतिहास में सबसे प्रमुख महा-विनाशक दिन गिना गया है। इस दिन दक्षिणी राज्यों में लगभग 60 बवण्डर एक साथ आये। इन सबके महाविनाश से 800 मनुष्य काल के गाल में चले गये, 2500 घायल हो गये तथा 10,000 से अधिक इमारतें ध्वस्त हो गयीं।¹

ये बवण्डर केवल अमरीका तक ही सीमित हैं। दूसरे भागों में ये बहुत ही कम देखे जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में राँकी पर्वतों के पूर्व में मध्य और दक्षिणी राज्यों में इनका प्रायः उत्पात हुआ करता है। इन बवण्डरों के सम्बन्ध में स्ट्रैलर महोदय (N. Strahler) का यह कथन बड़ा महत्वपूर्ण है—“The smallest but most violent of all known storms is the Tornadoes. It seems to be a typically American storm, being most frequent and violent in United States.”²

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 334

² N. Strahler : *Introduction to Physical Geography*, p. 180

(3) पूर्ण मेघ अथवा जल-स्तम्भ—जब कोई तूफान (to.nado) समुद्र पर होकर गुजरता है तो उसके प्रभाव से समुद्र में बड़ी-बड़ी लहरें उठने लगती हैं। इस तूफान के मध्य वायुदाब की अत्यधिक न्यूनता के कारण समुद्र का पानी उसके केन्द्रीय भाग में ऊपर उठ जाता है। कभी-कभी समुद्र-जल इस प्रकार कई सौ मीटर ऊँचा उठ जाता है जो दूर से एक स्तम्भ की भाँति दृष्टिगोचर होता है। इसी को पूर्ण मेघ अथवा जल स्तम्भ कहा जाता है। तूफान के मध्य वायुदाब इतना कम होता है कि जल के साथ मछलियाँ भी ऊपर खिच आती हैं और स्तम्भ के गिरने के साथ ही नीचे गिर पड़ती हैं।

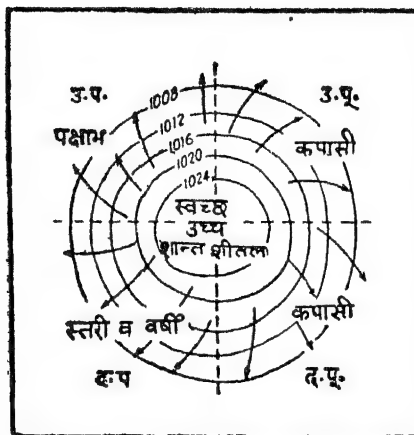
जल स्तम्भ कई सौ मीटर ऊँचाई तक रहता है। यह बनने के बाद आधा घण्टे तक खड़ा रहता है। इसके निकट बड़ी तेज हवाएँ इसके चारों ओर चक्र की भाँति चला करती हैं। इसके आधार की अपेक्षा इसका शीर्ष अधिक तीव्र गति से आगे बढ़ता है। यह बाद में मुड़ जाता है और टूटकर विलीन हो जाता है।

चक्रवात के क्षेत्र	चक्रवातों की संख्या
उत्तरी-पश्चिमी प्रशान्त महासागर	30
दक्षिणी हिन्द महासागर	13
आस्ट्रेलिया व तटीय समुद्र	13
बंगाल की खाड़ी	8
पश्चिमी भारतीय समुद्र	5
अरब सागर	4

प्रति-चक्रवात (Anti-Cyclone)

प्रति-चक्रवात अपने गुण, स्वभाव, प्रभाव तथा वायु व्यवस्था में ठीक चक्रवात से उल्टे होते हैं। प्रति-चक्रवात समदाब रेखाओं की एक ऐसी व्यवस्था है जिसमें उच्च वायु-दाब ठीक केन्द्र में रहता है। केन्द्र से बाहर की ओर सभी तरफ वायुदाब क्रमशः घटता जाता है। इसलिए प्रति-चक्रवात में समदाब रेखाएँ लगभग गोलाकार होती हैं। स्ट्रैलर महोदय के अनुसार, "An anti-cyclone is an area of high pressure surrounded by close isobars."

आकार तथा विस्तार—सामान्यतः प्रति-चक्रवात वृत्ताकार या गोलाकार होते हैं। कभी-कभी इनका रूप फनाकार (wedge shaped) भी होता है। चक्रवातों की तुलना में प्रति-चक्रवात बड़े-



चित्र 143—एक आदर्श-प्रति-चक्रवात

ही विशालकाय होते हैं। इनकी लम्बाई व चौड़ाई में विशेष अन्तर नहीं होता। सामान्यतः प्रति-चक्रवात का व्यास 3,000 किलोमीटर से अधिक होता है। कभी-कभी इनका विस्तार 9,000 किलोमीटर तक देखा जाता है। शीतोष्ण कटिबन्ध में यदा-कदा ऐसे प्रति-चक्रवात भी विकसित हो जाते हैं जो आधे सयुक्त राज्य अमरीका अथवा समूचे यूरोप महाद्वीप अथवा सम्पूर्ण साइबेरिया पर विस्तृत हो जाते हैं।

तापमान—प्रति-चक्रवातों की उत्पत्ति या तो गर्म उष्ण कटिबन्धीय पवनो से अथवा शीतल ध्रुवीय पवनो से होती है। अतः इनसे प्रभावित क्षेत्रों के तापमान पर उनका स्पष्ट

उतरती रहती है, जिससे रिक्त स्थान की पूर्ति होती रहती है। ये जब ऊपर से नीचे उतरती है तो इनके तापमान में वृद्धि हो जाती है। तापमान बढ़ जाने से हवा शुष्क हो जाती है और वर्षा नहीं करती। यही कारण है कि प्रति-चक्रवात के मध्य में मौसम सदा स्वच्छ रहता है।

प्रति-चक्रवातों के भेद

हम्फ्रीज (Humphreys) ने उत्पत्ति के अनुसार प्रति-चक्रवातों का निम्न वर्गीकरण किया है :

- (1) घर्षण सम्बन्धी प्रति-चक्रवात (Mechanical Anti-cyclone),
- (2) विकिरण सम्बन्धी प्रति-चक्रवात (Radiational Anti-cyclone),
- (3) ताप सम्बन्धी प्रति-चक्रवात (Thermal Anti-cyclone)।

(1) घर्षण सम्बन्धी प्रति-चक्रवात—विषुवत रेखा से ऊपर उठने वाली हवाएँ सदा ही 30° और 35° अक्षांशों के बीच नीचे उतरकर धरातल पर एकत्रित होती रहती हैं, जिसमें 30° और 35° अक्षांशों के बीच घर्षणीय सकुचन (Mechanical Squeeze) उत्पन्न हो जाता है और वहाँ उच्चदाब की पेट्टी बन जाती है। इस उच्चदाब की पेट्टी का प्रभाव समुद्रों पर अधिक रहता है। यहाँ उत्पन्न चक्रवात बड़े ही अस्थिर होते हैं।

(2) विकिरण सम्बन्धी प्रति-चक्रवात—उत्तरी ध्रुव और दक्षिणी ध्रुव के निकट ग्रीनलैण्ड और अंटार्कटिक पठार के ऊपर सदा उच्चदाब रहता है। यहाँ उच्चदाब दो कारणों से रहता है—(1) विषुवत रेखा से दूरी के कारण, और (2) स्वतन्त्र विकिरण के कारण। ये स्थान विषुवत रेखा से इतने दूर हैं कि सूर्य की किरणें कभी सीधी नहीं चमकती। अतः यहाँ सूर्य से बहुत ही कम गर्मी प्राप्त होती है। इसके विपरीत, ये दोनों स्थान ऊँचे पठार हैं इसलिए भी ये अपेक्षितया ठण्डे रहते हैं। फिर यहाँ जो कुछ गर्मी प्राप्त होती है वह बहुत शीघ्र विकिरण द्वारा नष्ट हो जाती है। फलतः ये स्थान अत्यन्त ठण्डे और बर्फ से ढके रहते हैं। इन्हीं कारणों से यहाँ उच्चदाब रहता है।

ये स्थान उच्चदाब के कारण ही चक्रवातों के केन्द्र बन जाते हैं जो प्रायः स्थायी होते हैं। किन्तु जाड़े की ऋतु में ऊँचे और बर्फ से ढके इन प्रदेशों से विकिरण के कारण अस्थायी प्रति-चक्रवात उत्पन्न हो जाते हैं।

(3) ताप सम्बन्धी प्रति-चक्रवात—महासागरों के ऊपर वैसे तो समान तापमान रहते हैं परन्तु जहाँ कहीं ठण्डी धाराएँ बहती हैं वहाँ सतह के पानी का तापमान कम हो जाता है। अतः वहाँ आसपास उच्चदाब का क्षेत्र स्थापित हो जाता है जो प्रति-चक्रवातों के केन्द्र बन जाते हैं। ऐसे प्रति-चक्रवात अर्द्ध-स्थायी प्रकृति के होते हैं।

हैजिल्क महोदय ने सन् 1909 में प्रति-चक्रवातों को उष्ण व शीतल दो वर्गों में बाँटा था। नवीन खोजों के आधार पर इन्हें निम्नलिखित तीन प्रकारों में विभाजित किया जा सकता है।

(1) गर्म प्रति-चक्रवात (Warm Anti-cyclone)—भूमध्य रेखा के दोनों ओर कर्क और मकर रेखाओं के समीप उपोष्ण उच्च वायुदाब की पेट्टियाँ स्थित हैं। यहाँ सदैव उष्ण और शुष्क हवाओं का अपहरण (divergence) होता है। इससे यहाँ गतिक या यान्त्रिक (dynamic or mechanical) रूप से गर्म प्रति-चक्रवातों की उत्पत्ति होती है। ये प्रति-चक्रवात बहुत कम सक्रिय होते हैं। अपने उत्पत्ति स्थान से कदाचित ही बाहर निकलते हैं। इनकी गति इतनी मन्द होती है कि कभी-कभी तो ये हफ्तों एक ही स्थान पर स्थिर रहते हैं। इनमें बहुत ही मन्द हवाएँ चलती हैं। स्वच्छ आकाश मेघरहित और मौसम स्वच्छ रहता है। ऐसे प्रति-चक्रवात अधिकांशतः पश्चिमी यूरोप तथा दक्षिणी-पूर्वी संयुक्त राज्य में अधिक प्रभावशील पाये जाते हैं।

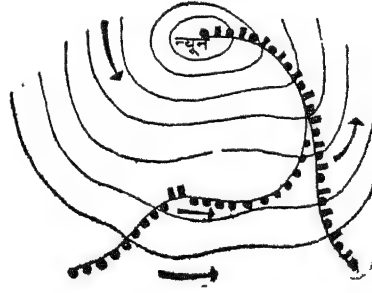
(2) शीतल प्रति-चक्रवात (Cold Anti-cyclone)—ये प्रति-चक्रवात एक प्रकार से चक्रवातों के पूरक हैं। ये उन स्थानों पर उत्पन्न होते हैं जहाँ अत्यधिक ठण्डा रहती है। इसलिए

ध्रुववर्ती क्षेत्र इनके उत्पत्ति क्षेत्र है। इन क्षेत्रों में शीतकाल में सूर्यातप की मात्रा में कमी होने तथा विकिरण द्वारा बड़ी मात्रा में ताप ह्रास होने से उच्च वायुदाब स्थापित हो जाता है जो प्रति-चक्रवातों को जन्म देता है। इस प्रकार इन प्रति-चक्रवातों की तापीय उत्पत्ति होती है। गर्म प्रति-चक्रवातों की तुलना में ये छोटे होते हैं किन्तु गति में अधिक तेज होते हैं। इनमें से कुछ प्रति-चक्रवात अस्थायी प्रकार के होते हैं और मार्ग में ही लुप्त हो जाते हैं जबकि कुछ अर्ध स्थायी होते हैं जो प्रायः अधिक सक्रिय होते हैं। ऐसे प्रति-चक्रवात मुख्यतः साइबेरिया में अधिक आते हैं जो चीन व जापान को प्रभावित करते हैं। इसके अतिरिक्त ये उत्तरी पश्चिमी यूरोप, उत्तरी कनाडा एवं उत्तरी-पूर्वी संयुक्त राज्य में भी प्रभावशील पाये जाते हैं।

(3) अवरोधी प्रति-चक्रवात (Blocking Anti-cyclone)—हाल ही में वैज्ञानिकों ने अपने वायुमण्डलीय निरीक्षणों के द्वारा यह प्रतिपादित किया है कि परिवर्तन मण्डल के ऊपरी भाग में वायु संचार में अवरोध के कारण भी प्रति-चक्रवातों की उत्पत्ति होती है। अवरोधस्वरूप बनने के कारण ही इन्हें अवरोधी प्रति-चक्रवात कहा गया है। यद्यपि अभी तक इनके बारे में विशेष जानकारी प्राप्त नहीं हो पायी है किन्तु ये गर्म प्रति-चक्रवातों की अपेक्षा छोटे और मन्द गति वाले होते हैं। मौसम सम्बन्धी विशेषताओं में ये प्रायः उन्हीं के समान होते हैं। ऐसे प्रति-चक्रवात मुख्यतः उत्तरी पश्चिमी यूरोप तथा उत्तरी प्रशान्त महासागर के पश्चिमी भाग में अधिक आते हैं।

गौण अथवा सहकारी चक्रवात (Secondary Cyclones)

कभी-कभी प्रधान चक्रवात के शीत-वाताग्र (cold front) पर किसी स्थान पर न्यून दाब उत्पन्न हो जाता है। इस न्यून दाब के आसपास एक अन्य वायु-चक्र बन जाता है, जिसे गौण अथवा सहकारी चक्रवात कहा जाता है। इस प्रकार सहकारी चक्रवात हमेशा किसी बड़े चक्रवात के भीतर ही विद्यमान होता है। इसका प्रमुख लक्षण यह है कि इसके कारण मुख्य चक्रवात का बाहरी भाग किसी एक भाग में फूल जाता है। वैसे ये मुख्य चक्रवात के किसी भी भाग में विकसित हो सकते हैं, परन्तु अधिकांशतः वे दक्षिणी किनारे पर ही पाये जाते हैं। प्रायः सहकारी चक्रवात घड़ी की सुइयों की विपरीत दिशा में प्रधान चक्रवात का चक्कर लगाते हैं।



इसमें हवाएँ अधिक दाब से न्यूनदाब की ओर चलती हैं, परन्तु वे फौल के नियम का अनुसरण करती हैं। सहकारी चक्रवातों में समदाब रेखाएँ दूर-दूर होती हैं जिससे हवाएँ बड़ी हल्की होती हैं। सहकारी चक्रवात का मौसम बहुत कुछ प्रधान चक्रवात के समान ही होता है।

चित्र 143—गौण चक्रवात

टंक (Wedge)

जब कभी दो चक्रवातों के बीच प्रति-चक्रवात घुस आता है तो समदाब रेखाओं का रूप अँगूठे की भाँति बन जाता है। समदाब रेखाओं के इसी रूप को टंक (wedge) कहा जाता है।

टंक एक अधिक वायुदाब का क्षेत्र है जिसकी आकृति त्रिभुजाकार होती है। इसमें उच्च-दाब आधार के केन्द्र-बिन्दु पर होता है जो क्रमशः तीनों ओर घटता जाता है। यह प्रायः उसी

ओर चलते हैं, जिधर चक्रवात अग्रसर होते हैं। शीतोष्ण कटिबन्धीय प्रदेशों में ये पूर्व की ओर चलते हैं। इसमें समदाब रेखाओं की दूरी अधिक होने के कारण हवाएँ बहुत हल्की होती हैं।

प्रायः टंक का सम्बन्ध स्वच्छ आकाश, मन्द पवन और सुन्दर सुहावने और शुष्क मौसम से होता है। परन्तु मौसम की यह दशा कुछ ही समय तक रहती है, क्योंकि इसके समीप चक्रवातों की उष्ण वायु का प्रभाव बहुत शीघ्र इस क्षेत्र में पहुँच जाता है। उष्ण वायु के आगमन के साथ ही हल्की-हल्की वर्षा भी होने लगती है।

द्विवेणी आकृति के गर्तचक्र (V-Shape Depression)

यह टंक (wedge) का एकदम उलटा होता है। इसका रूप त्रिभुजाकार होता है जिसमें न्यूनदाब त्रिभुज के आधार के केन्द्र-बिन्दु पर होता है। वायुदाब क्रमशः सभी ओर बढ़ता जाता है। इसमें समदाब रेखाओं के बीच की दूरी कुछ कम होती है, इसलिए हवाएँ बड़े वेग से चला करती हैं।

द्विवेणी आकृति के गर्तचक्र में ऋतु बड़ा परिवर्तनशील होता है। बादलों और वर्षा के वितरण में भी बहुत भेद रहता है। परन्तु सामान्यतः इसका मौसम चक्रवात के अनुरूप ही होता है।

ग्रीवा (Col)

दो निम्न दाब और दो उच्चदाब के बीच के स्थान को ग्रीवा (col) कहते हैं। ग्रीवा एक ऐसा तटस्थ प्रदेश है जो चक्रवात और प्रति-चक्रवात किसी से भी सम्बन्धित नहीं होता। इसमें समदाब रेखाओं का पूर्ण अभाव रहता है। अतः इस भाग में कोई पवने नहीं चलती। पवनों की दृष्टि से यह शान्त क्षेत्र होता है। जाड़ों में इसमें कुहरा अधिक गिरता है और मौसम शान्त रहता है। ग्रीष्म ऋतु में यहाँ भयंकर आँधियाँ चलने लगती हैं। यह कभी किसी स्थान पर अधिक समय तक नहीं ठहरता।

सीधी समदाब रेखाएँ (Straight Isobars)

ऐसी रेखाएँ चक्रवात और प्रति-चक्रवात के बीच पायी जाती हैं। इनसे सम्बन्धित वायु-दशा बड़ी परिवर्तनशील होती है। किसी एक प्रकार का मौसम बहुत अधिक समय तक नहीं रहता। इनमें हवाएँ उच्च दाब से निम्न दाब की ओर चलती हैं। यदि इन रेखाओं के बीच की दूरी कम हुई तो हवा तेजी से चलती है, अन्यथा हवाएँ धीरे-धीरे चलती हैं।

मौसम की भविष्यवाणी (Weather Forecasting)

प्रत्येक मनुष्य में मौसम सम्बन्धी ज्ञान प्राप्त करने की स्वाभाविक जिज्ञासा होती है। मनुष्य की यही जिज्ञासा उसे भविष्यवक्ता बना देती है। मौसम से सम्बन्ध रखने वाली ऐसी कई कहावतें हर देश में प्रचलित हैं जो कि उपरोक्त मत का प्रतिपादन करती हैं। आज यदि कोई अपने स्थान पर चलने वाली पवन, बादलों की जाति और तापमान के घटने-बढ़ने आदि स्थानीय अवस्थाओं का बराबर निरीक्षण करता रहे तो वह बिना किसी यन्त्रों और मानचित्रों की सहायता से भी आने वाले मौसम का हाल बता सकता है। यद्यपि यह सही है कि यन्त्रों की सहायता से आने वाले मौसम के सम्बन्ध में अधिक सही भविष्यवाणी की जा सकती है।

भारत में मौसम की दैनिक भविष्यवाणी का कार्य लगभग 400 छोटी-बड़ी वेधशालाओं से प्राप्त मौसम के आँकड़ों पर आधारित होता है। ये वेधशालाएँ प्रतिदिन तापमान, वायुदाब,

वर्षा, मेघ, कुहरा, वायु-दिशा, वायु-गति एवं समुद्र दशा आदि बातों का निरीक्षण कर टेलीफोन, तार एवं ट्रान्समीटर आदि साधनों द्वारा केन्द्रीय तथा क्षेत्रीय वेधशालाओं को सूचना प्रेषित करती है। इस प्रकार की सूचना प्रतिदिन प्रातः 8:30 व संध्या को 5:00 बजे नोट की जाती है। मौसम की भविष्यवाणी करने वाले के लिए वैसे तो समस्त वायुमण्डल ही उसकी प्रयोगशाला है, किन्तु अपने कार्य की सिद्धि के लिए उसे वायुमण्डल की समस्त अवस्थाओं को एक छोटे पैमाने के मानचित्र पर अंकित कर लेना आवश्यक होता है। वायुमण्डलीय अवस्थाओं को बताने वाले ऐसे मानचित्र ऋतु मानचित्र (Weather maps) कहलाते हैं। भारत की केन्द्रीय वेधशाला, पूना में देश की विभिन्न वेधशालाओं से प्राप्त मौसम सम्बन्धी आँकड़ों के आधार पर दैनिक ऋतु मानचित्र तैयार किये जाते हैं।

मौसम के सम्बन्ध में कुछ भी भविष्यवाणी करना इन्हीं मानचित्रों के भली प्रकार समझने पर निर्भर करता है। इन मानचित्रों पर अंकित सम वायुदाब रेखाओं और वायु-राशि सीमाओं को ठीक प्रकार से पहचानना और उनके लक्षण, विकास तथा गति के बारे में ज्ञान करना मौसम का सही हाल बताने के लिए बहुत जरूरी है। वायुमण्डल की ऊपरी हवाओं के बारे में भी कई जानकारीयाँ उपलब्ध की जाती हैं। मौसम का ठीक-ठीक विश्लेषण करते समय इनका ध्यान रखना भी जरूरी होता है। मौसम के सम्बन्ध में इस प्रकार तैयार की गयी भविष्यवाणी शीघ्र ही रेडियो द्वारा प्रसारित कर दी जाती है और जनता की भलाई के लिए पत्र-पत्रिकाओं में छपी जाती है तथा विशेष बुलेटिन निकाले जाते हैं।

उपरोक्त विधि में मौसम सम्बन्धी हाल बताने में यद्यपि अच्छी सफलता मिल जाया करती है, परन्तु फिर भी यह मानना पड़ेगा कि मौसम की भविष्यवाणी का कार्य जहाँ वैज्ञानिक है वहाँ यह अनुभव पर भी निर्भर करता है। सोचने तथा अनुमान लगाने में थोड़ी-सी गलती का भविष्यवाणी की सत्यता पर बड़ा भारी असर पड़ता है। वायु-राशि सीमा के मार्ग और गति के बारे में थोड़ी-सी भूल से मौसम का सारा हाल गलत हो जाता है। यदि हम मान लें कि एक वायु-राशि सीमा समुद्र पर 600 मील दूर पश्चिम में है और उसकी गति 20 मील प्रति घण्टा है, पर यदि उसकी गति हमारे अनुमान के प्रतिकूल 20 मील के स्थान पर 25 मील प्रति घण्टा हुई तो सारी भविष्यवाणी गलत हो जायगी। आजकल मौसम सम्बन्धी भविष्यवाणियाँ करने में बड़ी सफलता प्राप्त हुई है किन्तु ये सब भविष्यवाणियाँ अधिक से अधिक 24 या 48 घण्टों के लिए ही होती हैं। लम्बे समय के लिए बहुत ही कम भविष्यवाणियाँ निकलती हैं और जो निकलती हैं वे भी बहुत कम अंशों में सही उतरती हैं।

साधारणतः चक्रवातों और गर्तचक्रों की बनावट के सम्बन्ध में स्थापित सिद्धान्त काफी सीधे और सन्तोषजनक मालूम पड़ते हैं परन्तु जब मौसम का वस्तुतः निरीक्षण किया जाता है तो शीघ्र ही उन प्रतिपादित सिद्धान्तों में बहुत-सी कमियाँ नजर आने लगती हैं। वस्तुतः बहुत कम ऐसे अवसर होते हैं जबकि बताया हुई सभी बातें सही निकलती हैं। उदाहरणतः, कई वाताग्र (fronts) के समीप जहाँ वातावरण की एकसी अवस्थाएँ दिखाई पड़ती हैं वहाँ मौसम में कोई समानता नहीं मालूम पड़ती। कई बार परीक्षा से अनुमान और तर्क सही निकलते हैं।

अस्तु, अन्त में यही कहा जा सकता है कि यदि प्रकृति भी मानचित्रों की व्यवस्था (diagrammatic scheme) का अनुसरण करने लग जाय तो मौसम सम्बन्धी भविष्यवाणी एक अधिक सही विज्ञान बन जायगा, जो कि आज सही अर्थों में विज्ञान नहीं कहा जा सकता।

14

जलवायु का वर्गीकरण (CLASSIFICATION OF CLIMATES)

पिछले अध्यायों में जलवायु के विभिन्न तत्वों की विशद् व्याख्या प्रस्तुत की जा चुकी है। इस अध्ययन से यह ज्ञात होगा कि इन तत्वों की मात्रा, तीव्रता और मौसमी वितरण में परिवर्तन से इनके विभिन्न संयोग (combinations) बनते हैं जो कि विभिन्न प्रकार की जलवायु के अस्तित्व का कारण हैं।

जलवायु जो एक बहुत ही जटिल और अमूर्त प्रत्यय (abstract idea) है और जिसका किसी समय तत्क्षण कोई ठोस अस्तित्व नहीं पाया जाता, उसका कोई सही मूल्यांकन नहीं हो सकता। अतः किसी स्थान विशेष की जलवायु का चित्रण करते समय मौसम के परिवर्तनों के सभी प्रभावों को ध्यान में नहीं रखा जा सकता और इसलिए उनको सरल बनाना एवं उनको सामान्यीकृत (generalise) करना आवश्यक हो जाता है। जब हम एक बहुत बड़े क्षेत्र की जलवायु का वर्णन करने की चेष्टा करते हैं तो कठिनाई और भी बढ़ जाती है, क्योंकि हर स्थान के साथ जलवायु बदल जाती है और यहाँ तक कि एक छोटे क्षेत्र के सभी भागों में भी वह यथातथ्य समान नहीं होती। अतः जलवायु का कोई भी वर्गीकरण ठीक नहीं हो सकता।

जलवायु के वर्गीकरण की कुछ योजनाएँ

यद्यपि जलवायु का कोई सर्वमान्य एवं पूर्ण वर्गीकरण प्रस्तुत करना सम्भव नहीं है, फिर भी यदि हम मौसम के विभिन्न तत्वों—तापमान, वायुदाब, वर्षा और हवाओं को वर्गीकरण का आधार बनाये तो कोई उपयोगी तन्त्र (system) स्थापित किया जा सकता है। प्राकृतिक वनस्पति और मिट्टी भी जलवायु के वर्गीकरण का आधार प्रदान कर सकती हैं।

तापमान के आधार पर जलवायु का वर्गीकरण

ताप सम्भवतः जलवायु के वर्गीकरण का प्रथम आधार रहा है। भू-पटल पर ताप के वितरण के आधार पर पृथ्वी को कई ताप कटिबन्धों में विभाजित किया गया है। ताप कटिबन्धों का यह विभाजन सर्वप्रथम यूनानी वैज्ञानिकों ने प्रस्तुत किया। यह विभाजन पूर्व-पश्चिम कटिबन्धीय विभाजन अथवा 'समतल विभाजन' (Horizontal unit zones) कहलाता है। इस विभाजन में मुख्यतः सूर्याभिताप (insolation) को ही दृष्टिगत रखा गया है। इस प्रकार भू-पटल पर ताप कटिबन्धों की सीमा निर्धारित करने में अक्षांश रेखाओं का सहारा लिया गया है। ताप के आधार पर भू-पटल को मुख्य तीन कटिबन्धों में विभाजित किया गया है :

(1) उष्ण कटिबन्ध (Torrid Zone)—इसे विषुवतरेखीय कटिबन्ध (Tropical or Equatorial Zone) भी कहते हैं। यह भूमध्य रेखा के दोनों ओर $23\frac{1}{2}^{\circ}$ तक फैला है। इसकी

सीमान्त रेखा को उत्तरी गोलार्द्ध में कर्क रेखा (Tropic of Cancer) और दक्षिण गोलार्द्ध में मकर रेखा (Tropic of Capricorn) कहते हैं। इस कटिबन्ध के सभी क्षेत्र सूर्य से सबसे ज्यादा गर्मी पाते हैं और एक ही अक्षांश के सभी स्थान सूर्य से बराबर गर्मी पाते हैं। कर्क और मकर रेखाओं के बीच के स्थानों में सूर्य की सीधी किरणें अन्य स्थानों से ज्यादा पड़ती हैं और सूर्य साल के दो बार वसन्त और शरद विषुव (equinox) पर ठीक सिर पर चमकता है। अतः इस पट्टी में इस समय सूर्य से सबसे अधिक गर्मी प्राप्त होने के कारण अत्यन्त गर्मी पड़ती है। यहाँ जाड़े और गर्मी के तापमान में कुछ भी अन्तर नहीं पड़ता, क्योंकि प्रायः पूरे साल भर तक एकसी गर्मी पड़ती है। यहाँ जाड़े और गर्मी की अपेक्षा रात और दिन के तापमान में अधिक अन्तर होता है किन्तु किसी भी महीने में तापमान 68° फा० से नीचे नहीं उतरता। परन्तु इस कटिबन्ध के उन भागों में, जो भूमध्य रेखा से दूर हैं, अवस्था बदलने लगती है और जाड़े तथा गर्मी के तापमान में अधिक अन्तर पड़ने लग जाता है।

(2) शीतोष्ण कटिबन्ध (Temperate Zone)—यह कटिबन्ध दोनों गोलार्द्धों में $23\frac{1}{2}^{\circ}$ अक्षांश से $66\frac{1}{2}^{\circ}$ अक्षांशों के बीच फैला हुआ है। उत्तर में उत्तरी ध्रुववृत्त (Arctic Circle) और दक्षिण में दक्षिणी ध्रुव-वृत्त (Antarctic Circle) इसकी सीमाएँ बनाते हैं। इस कटिबन्ध में सूर्य हर चौबीस घण्टे में निकलता और डूबता है, किन्तु उसके किसी स्थान पर सूर्य बिल्कुल सिर पर नहीं चमकता। गर्मी में दिन लम्बे और सूर्य की ऊँचाई अधिक होती है किन्तु सर्दी में दिन छोटे और सूर्य की ऊँचाई बहुत कम होती है। अतः साल भर सूर्य से प्राप्त होने वाली गर्मी में कमी-बेशी होती रहती है। इस कटिबन्ध में जाड़े और गर्मी के तापमान का अन्तर अधिक हो जाना है। यहाँ कम से कम आठ महीने ऐसे होते हैं जब तापमान 68° फा० से भी कम रहता है। जाड़े और गर्मी के अतिरिक्त यहाँ वसन्त और पतझड़ की दो ऋतुएँ और होती हैं। पृथ्वी का सबसे अधिक भाग इसी कटिबन्ध में स्थित है। उत्तर के समशीतोष्ण कटिबन्ध को उत्तरी सम-शीतोष्ण कटिबन्ध और दक्षिण के भाग को दक्षिणी समशीतोष्ण कटिबन्ध कहते हैं। इनमें से हर एक शीतोष्ण कटिबन्ध 45° उत्तरी और दक्षिणी अक्षांशों से दो भागों में विभक्त किया जा सकता है। इन्हें क्रमशः उष्ण शीतोष्ण कटिबन्ध (Warm Temperate Zone) और शीतल शीतोष्ण कटिबन्ध (Cool Temperate Zone) कहते हैं।

(3) शीत कटिबन्ध (Frigid Zone)—यह कटिबन्ध शीतोष्ण कटिबन्ध के बाद उत्तरी और दक्षिणी ध्रुवों तक फैला है। इस कटिबन्ध में बहुत अधिक सर्दी पड़ती है। यहाँ केवल चार ही महीने ऐसे होते हैं जिनमें ताप 50° फा० से ऊपर रहता है, क्योंकि सर्दी में सूर्य सदैव ही (रात और दिन) क्षितिज से लगा रहता है और गर्मी में क्षितिज से कुछ ही ऊपर रहता है। रात और दिन का तापमान भेद बहुत ही कम होता है, किन्तु जाड़े और गर्मी के तापमान में बहुत ही अधिक अन्तर होता है। ध्रुवों पर रात और दिन 6-6 महीने के होते हैं। ध्रुवों पर दिन में भी सूर्य ज्यादा ऊँचाई पर नहीं चढ़ता और हर 24 घण्टे में एक बार क्षितिज के समान्तर घूमता हुआ मालूम पड़ता है। इस 6 महीने की रात में गो-धूलि का समय दो महीने तक रहता है। इसी तरह सूर्य के निकलने के पहले की सफेदी दो महीने से अधिक समय तक दिखाई देती है। यह प्रकाश उत्तरी ध्रुव प्रदेश में 'सुमेरु ज्योति' (Aurora Borealis) और दक्षिणी ध्रुव प्रदेश में 'कुमेरु ज्योति' (Aurora Australis) कहलाती है।

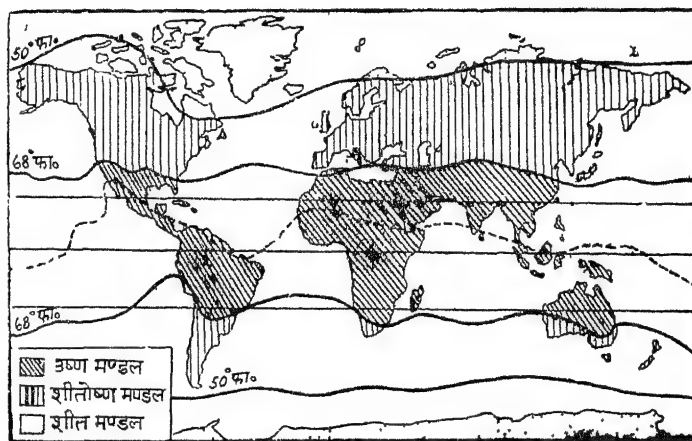
ताप कटिबन्धों के उपरोक्त विवरण से यह न समझ लेना चाहिए कि उष्ण कटिबन्ध में स्थित सभी स्थान अन्य कटिबन्धों में स्थित स्थानों की अपेक्षा अधिक गरम होंगे। यद्यपि उष्ण कटिबन्ध में सूर्य की लम्बरूप किरणें साल में दो बार पड़ती हैं, किन्तु द्वीपों और समुद्रतटों की जलवायु गरम और तर होती है और भीतरी भागों की गरम और सूखी ऊँची पहाड़ियों की

चोटियाँ तो सर्वदा ही हिमाच्छादित रहती है (किलीमांजरो, रूवेनजोरी, केनिया, पोपोकेटीपीटल, चिम्बराजो, कैटोपैक्सी आदि)। इस प्रकार शीतोष्ण कटिबन्ध में पठार और देश के भीतरी निचले मैदानों की जलवायु अत्यन्त शीतोष्ण होती है, लेकिन ऊँचे पहाड़ ठण्डे होते हैं। इन कटिबन्धों से किसी अमुक स्थान की जलवायु का तब तक ठीक-ठीक पता नहीं लग सकता जब तक कि उस स्थान की जलवायु पर प्रभाव डालने वाले अन्य उपकरणों—वायु-प्रवाह का रुख, समुद्र की निकटता अथवा ऊँचाई आदि का पूरा विचार न किया जाय। इसी कारण यह कटिबन्ध ताप-कटिबन्ध (Thermal Zones या Zones of Insolation) कहलाते हैं।

प्रसिद्ध जर्मन वैज्ञानिक सूपन (Supan) ने ताप कटिबन्धों के विभाजन में अक्षांश रेखाओं की अनुपयुक्तता को समझकर समताप रेखाओं के आधार पर ताप कटिबन्धों की सीमाएँ निर्धारित की हैं। सूपन के अनुसार पृथ्वी के निम्न ताप मण्डल हैं :

(1) उष्ण विषुवतरेखीय मण्डल (Hot Equatorial Belt)—इस मण्डल की सीमा 68° फा० वार्षिक समताप रेखा बनाती है। किन्तु उत्तरी गोलार्द्ध में यह पेट्टी बड़ी अनियमित और उष्ण कटिबन्ध से अधिक चौड़ी है। इस रेखा को उष्ण कटिबन्ध की सीमा मानने से दो लाभ हैं—(क) प्रथम तो सन्मार्गी हवाएँ इन्हीं रेखाओं के बीच चलती हैं, और (ख) दूसरे इन रेखाओं के बाहर ताड़ के प्रकार के वृक्ष (जो उष्ण कटिबन्ध की विशेष उपज हैं) नहीं पाये जाते।

(2) शीतोष्ण मण्डल (Temperate Belt)—इस मण्डल की सीमा दोनों गोलार्द्धों में ग्रीष्म ऋतु की 50° फा० की समताप रेखा बनाती है। उत्तरी गोलार्द्ध में यह पेट्टी अलास्का और यूरेशिया के ध्रुव वृत्त से भी परे तक पहुँच जाती है किन्तु दक्षिणी गोलार्द्ध में इसका विस्तार केवल 55° अक्षांश तक ही है। इन रेखाओं के बाहर अनाज व फल आदि पैदा नहीं हो सकते।



चित्र 144—सूपन के अनुसार ताप कटिबन्ध

(3) शीत मण्डल (Cold Cap)—इसकी सीमा बनाने वाली रेखा 32° फा० की समताप रेखा है। इसके पूरे ध्रुव की ओर ठण्ड बढ़ती जाती है और किसी भी प्रकार की उपज कठिन है।

सूपन के विभाजनानुसार विषुवत रेखा के दोनों ओर हमें 5 कटिबन्ध मिलते हैं। आगे की तालिका में इन विभिन्न कटिबन्धों में स्थित भू-भागों का विस्तार बताया गया है :¹

¹ देखिए 'Blackies Atlas'।

कटिबन्ध	उत्तरी गोलार्द्ध	दक्षिणी गोलार्द्ध
शीत कटिबन्ध	70 लाख वर्गमील	—
शीत-शीतोष्ण कटिबन्ध	100 "	—
उष्ण शीतोष्ण कटिबन्ध	45 "	20 लाख वर्गमील
अर्द्ध-उष्ण कटिबन्ध	80 "	40 "
उष्ण कटिबन्ध	75 "	60 "

केवल तापमान के आधार पर जलवायु का वर्गीकरण कदापि सन्तोषजनक नहीं हो सकता। क्योंकि ऐसे विभाजन में आर्द्र और मरुस्थलीय प्रदेशों में कोई अन्तर नहीं किया जाता है।

हवाओं के आधार पर जलवायु का वर्गीकरण

किसी स्थान की जलवायु वहाँ पर चलने वाली हवाओं पर निर्भर है, अतः प्रसिद्ध अमरीकी भूगोलवेत्ता डेविस (W. M. Davis) ने सम्पूर्ण पृथ्वी को तीन भागों में बाँटा है :

(1) उष्ण कटिबन्ध—जिसमें शान्त हवाओं की पेटियाँ स्थित हैं और जहाँ सन्मार्गी हवाएँ चला करती हैं।

(2) शीतोष्ण कटिबन्ध—जिसमें पछुवा हवाएँ चला करती हैं।

(3) शीत कटिबन्ध—जिसमें ध्रुवीय हवाएँ चला करती हैं।

किन्तु इस प्रकार के वर्गीकरण का सबसे बड़ा दोष यह है कि इन कटिबन्धों की सीमाएँ अनिश्चित-सी रहती हैं, क्योंकि सूर्य की स्थिति के साथ-साथ हवा की पेटियाँ भी उत्तर-दक्षिण की ओर खिसकती रहती हैं। भूमध्य रेखा के निकट की (शान्त हवा की) पेटियाँ, सन्मार्गी हवाओं की पट्टी और कर्क व मकर रेखाओं के उच्चदाब कटिबन्ध लगभग 8-10 अंशों तक परिवर्तित हो जाते हैं। किन्तु उससे दूर की पेटियों (पछुवा व ध्रुवीय हवाओं की पेटियाँ) में यह परिवर्तन नाममात्र का होता है। पेटियों के इस सामयिक परिवर्तन के कारण वे प्रदेश जो पेटियों के किनारों पर स्थित हैं, वर्ष के एक भाग में एक पेटि के प्रभाव में और वर्ष के दूसरे भाग में दूसरी परिवर्तित पेटि से प्रभावित होते हैं। उदाहरण के लिए, रेगिस्तानी प्रदेशों में ग्रीष्म ऋतु में सन्मार्गी हवाओं का प्रभाव होता है किन्तु जाड़े की ऋतु में कर्क रेखा की शान्त पट्टी इस पर अपना अधिकार कर लेती है अतः दोनों ही ऋतुओं में ये प्रदेश सूखे रहते हैं। इसी पर ध्रुवों के निकटवर्ती भाग साल में एक बार ध्रुवीय हवाओं और दूसरी बार पछुवा हवाओं के प्रभाव में रहते हैं।

वर्षा के आधार पर जलवायु का वर्गीकरण

वनस्पति, अपवाह तन्त्र, अधोभूमि जल और भूमि उपयोग पर वर्षा के होने वाले गहरे प्रभाव को दृष्टिगत रखकर वर्षा और हिमपात के मौसमी वितरण एवं उसकी मात्रा के आधार पर जलवायु का वर्गीकरण करना उपयोगी हो सकता है। इसीलिए ब्लेयर ने वर्षा के आधार पर पृथ्वी के पाँच जलवायु खण्ड किये हैं¹।

जलवायु का प्रकार	वर्षा का प्रकार	वार्षिक वर्षा (इंचों में)
शुष्क	कम	0—10
अर्द्ध-शुष्क	हल्की	10—20
अर्द्ध-आर्द्र	मध्यम	20—40
आर्द्र	भारी	40—80
अति आर्द्र	बहुत भारी	80 इंच से ऊपर

¹ Blair : *Climatology*, p. 484

वर्षा के आधार पर जलवायु का उपरोक्त विभाजन नितान्त ही अनुपयुक्त है। क्योंकि इसमें ध्रुवीय तथा उपध्रुवीय जलवायु को निम्न अक्षांशों की शुष्क और गरम मरुस्थलीय जलवायु से मिला दिया गया है। फिर इस विभाजन में सामान्यतः शीतल जलवायु खण्ड बहुत ही आर्द्र है, जबकि वर्षा की उतनी ही मात्रा उष्ण कटिबन्ध में अति शुष्क मरुस्थलों को जन्म देती है। वर्षा के उपरान्त भूमि पर उसकी जो मात्रा बच रहती है वह वाष्पीकरण द्वारा निर्धारित होती है। वाष्पीकरण का आधार तापमान है। अतः तापमान को अलग रखकर जलवायु का कोई भी वर्गीकरण करना युक्तिसंगत नहीं होगा।

जलवायु का जो वर्गीकरण ऊपर दिया गया है वह क्षेत्र विशेषों की भूमध्य रेखा से दूरी अथवा अक्षांश स्थिति के अनुसार है। किन्तु इसके अतिरिक्त भी किसी स्थान की जलवायु पर वहाँ चलने वाले वायु-प्रवाह, उसकी समुद्रतट से निकटता अथवा दूरी, समुद्र-तल से ऊँचाई आदि बातों का प्रभाव विशेष रूप से पड़ता है। अतः जलवायु का वर्गीकरण हम इस प्रकार भी कर सकते हैं :

(1) **समुद्री जलवायु (Marine or Oceanic Climate)**—जो प्रदेश समुद्र से घिरे रहते हैं, जैसे द्वीपसमूह आदि—वहाँ की जलवायु सम (equable) रहती है अर्थात् यहाँ वार्षिक और दैनिक तापमान में बहुत कम भेद रहता है। इन भागों की रातों और शीतऋतु साधारण रूप से गरम रहती है और ग्रीष्मकाल तथा दिन ठण्डे रहते हैं। इस प्रकार यहाँ के जलवायु में तीव्र परिवर्तन नहीं होते। चारों ओर जल भागों से घिरे होने के कारण गरम महीनों में वाष्प की अधिकता होती है तथा आकाश मेघाच्छन्न रहता है और वर्षा भी अत्यन्त भारी हो जाती है।

(2) **तटीय जलवायु (Littoral or Coast Climate)**—समुद्री जलवायु और महाद्वीपीय जलवायु के बीच की जलवायु को तटीय जलवायु कहा जाता है। जिन भागों में वायु समुद्र की ओर से आती है उनकी जलवायु समुद्री जलवायु से मिलती-जुलती होती है किन्तु जहाँ वायु स्थल से जल की ओर चलती है वहाँ महाद्वीपीय जलवायु की समानता वाली जलवायु मिलती है। इस प्रकार पछुवा हवाओं की पेटियों के क्षेत्रों के पश्चिमी भागों में तटीय जलवायु और पूर्वी भागों में महाद्वीपीय जलवायु के लक्षण मिलते हैं। इसी प्रकार सन्मार्गी हवाओं के क्षेत्रों में पूर्वी भाग तटीय जलवायु और पश्चिमी भाग महाद्वीपीय जलवायु वाले होते हैं।

(3) **महाद्वीपीय जलवायु (Continental Climate)**—समुद्र से दूर स्थित भागों की जलवायु महाद्वीपीय होती है जहाँ ग्रीष्मकाल में कड़ी गर्मी और शीतकाल में कड़ाके का जाड़ा पड़ता है। गर्मी का तापमान 100° फा० से भी अधिक और सर्दी में 30° फा० से भी कम हो जाता है। तापमान भेद भी अधिक रहता है। समुद्री हवाओं के मार्ग से दूर होने के कारण आकाश स्वच्छ रहता है तथा वायु में सापेक्षिक आर्द्रता भी कम रहती है। वर्षा की मात्रा साधारण होती है। बीच के अक्षांशों में इस जलवायु में कड़ी सर्दी और तेज गर्मी पड़ती है, किन्तु ध्रुवों की ओर शीत ऋतु लम्बी तथा कठोर और ग्रीष्म ऋतु छोटी तथा ठण्डी होती है। इस प्रकार की जलवायु उत्तरी अमरीका, यूरोप तथा एशिया के भीतरी भागों में (जो महासागरों से बहुत दूर स्थित हैं) पायी जाती है।

(4) **पर्वतीय जलवायु (Mountain Climate)**—पहाड़ों और पठारों पर उनकी ऊँचाई के अनुसार तापमान में न्यूनता होती जाती है। प्रत्येक 300 फुट पर 1° फा० तापमान कम होता जाता है और वायुदाब भी कम हो जाता है। पहले 6-7 फुट की ऊँचाई तक तो वर्षा की मात्रा बढ़ती जाती है किन्तु फिर वायु में सापेक्षिक आर्द्रता की कमी के कारण वर्षा की मात्रा में भी कमी हो जाती है। ऊपरी भागों में वायु के शुष्क होने और पतला होने के कारण सूर्य की किरणें धरातल को बड़ा गरम बना देती हैं। अतः हवा से जितनी शीघ्रता से पृथ्वी को दिन में गर्मी

प्राप्त होती है उतनी ही शीघ्रता से रात को वह निकल भी जाती है। लगभग 12 से 15 हजार फुट की ऊँचाई के बीच में वायु इतनी हल्की हो जाती है कि श्वास लेना भी कठिन हो जाता है। पहाड़ी भागों के वायुमार्ग में पड़ने वाले स्थानों में वर्षा अधिक होती है। अधिक ऊँचे भागों पर सदैव बर्फ जमी रहने के कारण सर्दी पड़ती है। यहाँ तक कि हिमालय अथवा विषुवत रेखा पर स्थित केनिया पहाड़ की चोटी अथवा एण्डीज की चोटियों पर तो सदैव ही बर्फ जमी रहती है।

थार्नथ्वेट के अनुसार जलवायु का वर्गीकरण

(Thornthwaite's Classification of Climate)

सन् 1931 में प्रसिद्ध अमरीकी ऋतुविज्ञानवेत्ता थार्नथ्वेट ने ससार की जलवायु का एक नवीन विभाजन प्रस्तुत किया है। यह विभाजन प्राकृतिक वनस्पति को ध्यान में रखकर किया गया है। वनस्पति की उत्पत्ति केवल वर्षा पर निर्भर न होकर वाष्पीकरण की न्यूनताधिकता पर निर्भर करती है। अतः थार्नथ्वेट ने जलवायु के वर्गीकरण में अन्य तत्त्वों के साथ वाष्पीकरण की मात्रा को विशेष महत्त्व प्रदान किया है। उसने जलवायु का विभाजन निम्न आधार पर किया है :

- (1) वर्षण प्रभाविता (Precipitation Effectiveness),
- (2) तापीय दक्षता (Temperature Efficiency),
- (3) मौसमी वर्षा का वितरण (Seasonal Distribution of Precipitation)।

इस प्रकार संक्षेप में वर्षण प्रभाविता का अनुपात (Precipitation effectiveness ratio)—सम्पूर्ण वर्षा का वह भाग जो वनस्पति की उत्पत्ति को प्रभावित करता है—ही जलवायु के विभाजन का मुख्य आधार है।

वर्षण प्रभाविता वर्षा की मात्रा और वाष्पीकरण का अनुपात होता है। सम्पूर्ण औसत मासिक वर्षा को यदि कुल मासिक वाष्पीकरण से विभाजित कर दिया जाय तो वर्षण प्रभाविता का अनुपात ज्ञात हो जायगा।

तापीय दक्षता को ज्ञात करने के लिए औसत मासिक तापमान को मासिक वाष्पीकरण से विभाजित किया जाता है।

थार्नथ्वेट ने संख्यात्मक मात्राओं के प्रभाव के आधार पर जलवायु प्रदेशों को बाँटा है और जलवायु प्रदेशों को अक्षरों से व्यक्त किया है। उसने जलवायु के मुख्य रूप से आठ भाग किये हैं। इनमें से प्रथम पाँच भाग ही अधिक मान्य हैं, क्योंकि इनमें तापीय दक्षता अधिक होती है। शेष भागों में तापमान की दक्षता कम रहती है।

वर्षण प्रभाविता के आधार पर भेद

भेद	आर्द्रता का प्रकार	वनस्पति	कार्यशील वर्षा (P. E. Ratio)
A	तर (Wet)	वर्षा के वन (Rain forest)	128" या अधिक
B	आर्द्र (Humid)	वन (Forest)	64" से 127"
C	कम आर्द्र (Sub-humid)	घास के मैदान (Grass land)	32" से 63"
D	अर्द्ध-शुष्क (Semi-arid)	स्टेपी (Steppe)	26" से 31"
E	शुष्क (Arid)	मरुस्थल (Desert)	16" से कम

वर्षण प्रभाविता के उपर्युक्त पाँच आर्द्र क्षेत्रों को ऋतु सम्बन्धी पाँच उपभागों में बाँटा गया है :

1. r = वर्ष भर प्रचुर वर्षा।
2. S = ग्रीष्म ऋतु में कम वर्षा।

3. w = शीत ऋतु में कम वर्षा ।
4. w^1 = बसन्त ऋतु में कम वर्षा ।
5. d = वर्ष भर कम वर्षा ।

तापीय दक्षता के आधार पर भेद

भेद	क्षेत्र	तापीय दक्षता
A'	उष्ण कटिबन्धीय (Tropical)	128" या अधिक
B'	उष्ण (Mesothermal)	64" से 127"
C'	कम उष्ण (Microthermal)	32" से 63"
D'	टैगा (Taiga)	16" से 31"
E'	टुण्ड्रा (Tundra)	1" से 15"
F	हिमाच्छादित (Frost)	0

थार्नथ्वेट ने जलवायु के मुख्य प्रदेशों को कई उपखण्डों में बाँटा है। उसने संसार को 32 जलवायु खण्डों में विभक्त किया है। इस प्रकार थार्नथ्वेट का विभाजन बहुत ही सूक्ष्म और सुव्यवस्थित है। परन्तु यह व्यापक नहीं है। इसके द्वारा अधिक लम्बे शीतकाल में तापमान की कुशलता प्राप्त करना सम्भव नहीं होता। इसी प्रकार वाष्पीकरण की मात्रा का पता लगाना भी अत्यन्त कठिन है।

कोपेन के अनुसार जलवायु का विभाजन (Koppen's Classification of Climates)

प्रसिद्ध जर्मन वैज्ञानिक डा० कोपेन ने सन् 1936 में जलवायु का विशद् विभाजन प्रस्तुत किया। यह विभाजन तापमान और वर्षा पर आधारित है। इसमें तापमान और वर्षा के संख्यात्मक मूल्यों (numerical values) का प्रयोग किया गया है, जो कि वनस्पति की उत्पत्ति के आधार पर निश्चित किये गये हैं। इस विभाजन में पर्वतीय भागों की अपेक्षा मैदानी भागों का अधिक ध्यान रखा गया है और जलवायु की सीमाओं के निर्धारण में सबसे अधिक गरम और सबसे अधिक ठण्डे महीनों के तापमान को आधार बनाया गया है। कोपेन ने जलवायु को पाँच मुख्य वृहत् क्षेत्रों (zones) में बाँटा है, जिन्हें पुनः प्रदेशों (Provinces) और उपभागों (smaller areas) में विभक्त किया है। कोपेन के ये जलवायु प्रदेश थार्नथ्वेट के समान ही हैं, परन्तु कोपेन ने अक्षरों के मेल से जलवायु प्रदेशों के विभाजन को अधिक व्यापक बना दिया है।

कोपेन ने संसार को मुख्य पाँच वृहत् भागों में विभाजित किया है, जो निम्न हैं :

- (A) **उष्णार्द्र जलवायु (Tropical Rainy Climate)**—इसमें वर्षा तो अधिक होती है किन्तु शीत ऋतु में बिलकुल नहीं होती। यहाँ सबसे ठण्डे महीने का तापमान 64° फा० से ऊपर रहता है।
- (B) **शुष्क जलवायु (Dry Climate)**—इसमें वर्षा से अधिक वाष्पीकरण होता है। यहाँ शीत ऋतु नहीं होती।
- (C) **मध्य अक्षांशों की आर्द्र समताप जलवायु (Humid Mesothermal Climate)**—यहाँ सबसे ठण्डे महीने का तापमान 64.4° फा० और 26.6° फा० के मध्य में रहता है। सबसे गरम महीने का औसत तापमान 50° फा० रहता है। वर्षा साल भर होती है, विशेषकर शीत ऋतु में। शीत ऋतु छोटी और कम ठण्डी होती है।

(D) मध्य अक्षांशों की शीतल आर्द्र जलवायु (Humid Mesothermal Climate)—यहाँ सबसे ठण्डे महीने का तापमान 26.6° फा० से कम और सबसे गरम महीने का तापमान 50° फा० से ऊपर रहता है।

(E) ध्रुवीय जलवायु (Polar Climate)—यहाँ कोई ऋतु गरम नहीं होती। सबसे गरम महीने का तापमान 50° फा० से भी नीचे रहता है।

उपर्युक्त प्रधान जलवायु-खण्डों को भी वर्षा की मात्रा के अनुसार कई उपभागों में बाँटा गया है।

(A) प्रधान खण्ड के निम्न उपखण्ड किये गये हैं—Ab, Am और Aw। इनमें b=वे उपखण्ड जहाँ वर्ष भर ही वर्षा होती है और किसी भी महीने में 2.4 इंच से कम वर्षा नहीं होती; m=मानसून वर्षा वाले स्थान जहाँ ग्रीष्म में अधिक वर्षा तथा शुष्क ऋतु छोटी रहती है; w=सूखा मौसम अर्थात् जहाँ किसी एक महीने में 2.4 से भी कम वर्षा होती है। ये तीन उपखण्ड क्रमशः विषुवतरेखीय या उष्ण कटिबन्धीय वर्षा वाले भाग (Equatorial or Tropical Rain Forests), उष्ण कटिबन्धीय मानसून प्रदेश (Tropical Monsoon Climates) और उष्ण कटिबन्धीय घास के मैदानी भाग (Tropical Savannas) हैं। प्रथम उपखण्ड में पौधों के उगने के लिए तीव्र ताप और अधिक वर्षा की आवश्यकता होने के कारण सघन वन मिलते हैं। द्वितीय उपखण्ड में अधिक गर्मी और शुष्कता चाहने वाले वृक्ष पैदा होते हैं जिनकी पत्तियाँ साल में एक बार झड़ जाती हैं। तृतीय उपखण्ड में लम्बी घास होती है।

(B) प्रधान खण्ड के भी ये उपखण्ड किये गये हैं—Bwh, Csh, Bw और Bsk (जहाँ w वे खण्ड है जो प्रायः मरुस्थलीय है, s=स्टेप्स या घास के मैदान; तथा h=वे भाग जहाँ वार्षिक औसत तापमान 64.4° फा० से ऊपर रहता है और k=वे भाग जहाँ वार्षिक औसत तापमान 64.4° फा० से भी नीचा रहता है।)। ये चार उपखण्ड क्रमशः निचले अक्षांशों के गरम मरुस्थल (Low-latitude Deserts); निचले अक्षांशों के अर्द्ध-मरुस्थलीय स्टेपी प्रदेश (Semi-arid Steppes); मध्य अक्षांशों के ठण्डे मरुस्थल (Middle-latitude Deserts) और मध्यवर्ती अक्षांशों के ठण्डे, अर्द्ध मरुस्थलीय भाग हैं।

(C) प्रधान खण्ड भी कई उपखण्डों में विभाजित किया गया है यथा—(i) Cs (s=शुष्क ग्रीष्म ऋतु) वे उपखण्ड जहाँ शीतऋतु में वर्षा होती है जैसे भूमध्यसागरीय प्रदेश, (ii) Cfa और Cwa (जहाँ f=वे स्थान जो वर्ष भर ही आर्द्र रहते हैं; w=शीत ऋतु में शुष्कता और a=वे स्थान जहाँ गरम महीने का तापमान 71.6° से भी ऊँचा रहता है) क्रमशः वे उपखण्ड हैं जिनकी जलवायु आर्द्र अर्द्ध-उष्ण कटिबन्धीय जलवायु है जैसे चीनी प्रदेश की जलवायु वाले प्रदेश; (iii) Cfb (जिसमें b=जहाँ ग्रीष्म ऋतु ठण्डी होती है और सबसे गरम महीने का तापमान 71.6° फा० के नीचे रहता है और वर्ष के 4 महीने तक तापमान 50° फा० से ऊपर रहता है) उपखण्ड के अन्तर्गत वे प्रदेश हैं जो पच्छिमा हवाओं के क्षेत्रों में महाद्वीपों के पश्चिमी किनारों पर स्थित हैं (Marine West Coast Climate)।

(D) प्रधान जलवायु खण्ड को कोपेन ने इन उपखण्डों में बाँटा है—(i) Dfa और Dwa (जहाँ ग्रीष्म ऋतु बहुत लम्बी होती है और वर्षा ग्रीष्म में ही होती है)। ये प्रदेश क्रमशः उत्तरी अमरीका और यूरोप में पाये जाते हैं जिनमें मकई की पैदावार मुख्य है (इस जलवायु को Corn-belt Climate भी कहते हैं), (ii) Dfb और Dwb (जिनमें ग्रीष्म ऋतु छोटी किन्तु शीत ऋतु लम्बी होती है) उपखण्ड क्रमशः उत्तरी अमरीका में 100° पूर्वी देशान्तर, उत्तरी संयुक्त राज्य अमरीका, दक्षिणी कनाडा और यूरेशिया में स्टेपी प्रदेश में मिलता है। (iii) Dfc व Dwc उपखण्ड जिनमें शीत ऋतु में तापमान 1-3 महीने तक 50° फा० से ऊपर रहता है; जैसे टैगा

प्रदेश; तथा (iv) Dwd वह उपखण्ड है जहाँ सर्दी कडाके की पड़ती है तथा ठण्डे महीने का तापमान — 36.4° फा० से भी कम रहता है।

(E) जलवायु खण्ड के अन्तर्गत दो प्रकार के उपखण्ड सम्मिलित है : (i) ET = ध्रुवीय उपखण्ड (Tundra Climate), और (ii) EF = अटूट बर्फ के प्रदेश (Ice Cape Type) जहाँ ग्रीष्म का तापमान भी 32° से नीचे रहता है।

इसके अतिरिक्त (H) पार्वत्य जलवायु के खण्ड भी है।

फिच एवं ट्रेवार्था के अनुसार वर्गीकरण

(Finch and Trewartha's Classification of Climates)

यद्यपि फिच एवं ट्रेवार्था ने अपने जलवायु के वर्गीकरण में कोपेन का ही अनुसरण किया है, किन्तु इन्होंने कोपेन के समान अपने वर्गीकरण में सख्यात्मक मूल्यों को विशेष महत्त्व नहीं दिया। इसके विपरीत इन्होंने वर्णनात्मक विवरणों पर अधिक जोर देकर अपने वर्गीकरण को अधिक सुबोध बना दिया है। इस वर्गीकरण के अनुसार संसार को निम्न जलवायु खण्डों में विभक्त किया गया है :

निम्न अक्षांश (उष्ण कटिबन्ध)

समूह	प्रकार
(A) उष्ण कटिबन्धीय वर्षा वाले जलवायु भाग (Tropical rainy climates)	$\left\{ \begin{array}{l} 1. \text{ उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु—Af} \\ 2. \text{ उष्ण मानसूनी जलवायु—Am} \\ 3. \text{ उष्ण सवाना जलवायु—Aw} \end{array} \right.$
(B) शुष्क जलवायु वाले भाग (Dry climates)	$\left\{ \begin{array}{l} 4. \text{ उष्ण तथा उपोष्ण मरुस्थल—Bwh} \\ 5. \text{ उष्ण तथा उपोष्ण स्टेपी—Bsh} \\ 6. \text{ मध्य अक्षांशीय मरुस्थल—Bwk} \\ 7. \text{ मध्य अक्षांशीय स्टेपी—Bsk} \end{array} \right.$
(C) शीतोष्ण आर्द्र जलवायु वाले भाग (Humid mesothermal climates)	$\left\{ \begin{array}{l} 8. \text{ भूमध्यसागरीय जलवायु—Cs} \\ 9. \text{ उपोष्ण आर्द्र जलवायु—Ca} \\ 10. \text{ पश्चिमी यूरोपीय तुल्य जलवायु—Cb} \end{array} \right.$
(D) शीतल आर्द्र जलवायु वाले भाग (Humid microthermal climates)	$\left\{ \begin{array}{l} 11. \text{ आर्द्र महाद्वीपीय गरम ग्रीष्मकाल—Da} \\ 12. \text{ आर्द्र महाद्वीपीय शीतल ग्रीष्मकाल—Db} \\ 13. \text{ उपध्रुवीय—Dc, Dd} \end{array} \right.$
(E) ध्रुवीय जलवायु वाले भाग (Polar climates)	$\left\{ \begin{array}{l} 14. \text{ टुण्ड्रा—ET} \\ 15. \text{ ध्रुवीय हिमाच्छादित जलवायु—EF} \end{array} \right.$
(H) उच्च प्रदेश (High lands)	

उपरोक्त विवरण से ज्ञात होगा कि कोपेन का वर्गीकरण बहुत ही सूक्ष्म और महत्त्वपूर्ण है। यद्यपि इसको समझने में प्रारम्भ में कुछ कठिनाई होती है परन्तु इसे समझ लेने के बाद पृथ्वी की जलवायु का यथोचित ज्ञान हो जाता है। स्टाम्प ने कुछ क्षेत्रों के बारे में कोपेन से मतभेद प्रकट किया है। उसने कुछ बृहत् क्षेत्रों के किये गये उपभागों की आलोचना की है। फ्रैसी ने भी कोपेन के वर्गीकरण में पर्याप्त संशोधन करने की आवश्यकता बतायी है। कोपेन के वर्गीकरण में यद्यपि कुछ कमियाँ हो सकती हैं, परन्तु फिर भी पृथ्वी की जलवायु को भलीभाँति समझने के लिए यह बड़ा ही उपयोगी है।

15

संसार के जलवायु प्रदेश (CLIMATIC REGIONS OF WORLD)

उष्ण कटिबन्धीय वर्षा वाले जलवायु भाग (The Tropical Rainy Climates) [A]

स्थिति—उष्ण कटिबन्धीय आर्द्र जलवायु पृथ्वी के चारों ओर विषुवत रेखा के समीप पायी जाती है। इस जलवायु प्रदेश की पेटी बहुत कुछ असमान है जो 20° से 40° तक चौड़ी है। यह प्रदेश सदैव गरम रहता है। यहाँ जाड़े की ऋतु नहीं होती। यही विशेषता इसको संसार के आर्द्र भागों से अलग करती है। कोपेन के अनुसार सबसे ठण्डे महीने की 64° समताप रेखा ध्रुवों की ओर इस प्रदेश की सीमा निश्चित करती है। तापमान की यह रेखा इसलिए निश्चित की गयी है कि कुछ पौधे जो केवल उष्ण प्रदेशों में ही पैदा होते हैं वे तापमान के बहुत अधिक मौसमी परिवर्तन को सहन नहीं कर सकते। ध्रुवों की ओर उन पौधों के उगने की सीमा उपरोक्त तापमान की रेखा से मिलती है। उष्ण तथा आर्द्र जलवायु की पेटी में महाद्वीपों के ऊपर ऊँचे पहाड़ों और पठारों के कारण बाधा उपस्थित होती है। ये ऊँचे भू-भाग यद्यपि विषुवत रेखा के समीप हैं परन्तु यहाँ का तापमान इतना नीचा रहता है कि इन्हें उष्ण कटिबन्ध में रखना असंगत प्रतीत होता है।

साधारणतः उष्ण कटिबन्धीय आर्द्र जलवायु का ध्रुवों की ओर सर्वाधिक विस्तार महाद्वीपों के पूर्वी और पवनाभिमुख (windward) दिशा की ओर पाया जाता है। यहाँ उष्ण समुद्री (tropical maritime) वायु-राशियाँ दूरवर्ती गरम समुद्रों से तटों की ओर आती हैं जो चक्रवाती वर्षा एवं झझावात के अनुकूल वायुमण्डल की अवस्थाएँ प्रस्तुत करती हैं। पूर्वी तटों पर जहाँ उष्ण वायु-राशियों को ऊँची पहाड़ी बाधाओं को पार करना पड़ता है, खूब वर्षा होती है। उष्ण कटिबन्ध के कुछ पूर्वी तटों पर तो प्रभजन् (hurricanes) आया करते हैं। महाद्वीपों के पवनाभिमुख भागों में उष्ण कटिबन्धीय आर्द्र जलवायु का विस्तार ध्रुवों की ओर तब तक पाया जाता है जब तक कि मध्य अक्षांशों के उपोष्ण आर्द्र जलवायु वाले भाग नहीं मिल जाते। महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में उष्ण-आर्द्र जलवायु शुष्क B जलवायु से बँधी है। पश्चिमी भागों में सन्मार्गी पवने ज्यों-ज्यों भीतर प्रवेश करती जाती हैं, शुष्कता बढ़ती जाती है। अतः महाद्वीपों के भीतरी भागों में शुष्क जलवायु विषुवत रेखा के बहुत कुछ समीप पहुँच जाती है। जहाँ पश्चिमी तटों के समीप ठण्डी महासागरीय धाराएँ पायी जाती हैं वहाँ शुष्क जलवायु विषुवत रेखा के कुछ ही अंशों के भीतर तक पहुँच जाती है। महाद्वीपों के ये पश्चिमी भाग पूर्वी भागों की ओर स्थित उपोष्ण उच्च दाब के क्षेत्रों के समान हैं जहाँ नीचे उतरती हुई वायु स्थिर रहती है और वर्षा के विरुद्ध होती है।

वर्षा—यहाँ अपेक्षाकृत वर्षा अधिक होती है। वर्षा 30 इंच से कदाचित् ही नीचे जाती है। अधिकांश वर्षा संवहनीय होती है। भारी बौछारों के साथ प्रायः तीव्र मेघ-गर्जन और विद्युत

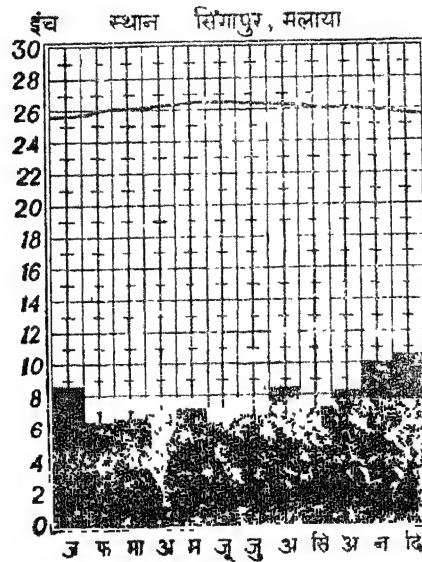
प्रकाश होता है। यहाँ चक्रवाती वर्षा भी महत्वपूर्ण है। तापमान की एक जैसी दशाओं के विपरीत, वर्षा की मात्रा बड़ी अनियमित रहती है। वर्षा की भिन्नता मौसम तथा क्षेत्र-वितरण दोनों ही दृष्टियों से पायी जाती है। इस जलवायु प्रदेश के उन्नत वर्ग के आधार पर दो प्रकार की जलवायु देखी जाती है। उष्ण कटिबन्धीय वर्षा वाले वन जहाँ साल भर खूब वर्षा होती है और सवाना जलवायु जिसमें स्पष्टतः एक शुष्क और एक आर्द्र ऋतु होती है।

उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु (Tropical Rainforest Climate) [Af]

स्थिति—उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु अथवा Af जलवायु की प्रमुख विशेषताएँ हैं—

(1) वर्ष भर ऊँचे तापमान, और (2) वर्ष भर भारी वर्षा जिससे वहाँ कोई शुष्क मौसम नहीं होता। इस प्रकार की जलवायु विषुवत रेखा के दोनों ओर 5° से 10° अक्षान्तर तक फैली हुई पायी जाती है। महाद्वीपों के पवनाभिमुख किनारों के साथ इस जलवायु का विस्तार 15° से 25° अक्षान्तर तक भी देखा जा सकता है।

तापमान—जैसा कि पूर्व विवरण से स्पष्ट है, इन जलवायु क्षेत्रों का विस्तार विषुवत रेखा



चित्र 145

के पास है, अतः सूर्याभिताप (Insolation) की सर्वाधिक मात्रा यही प्राप्त होती है। स्वभावतः यहाँ वर्ष भर ऊँचे तापमान होंगे। यहाँ तापमान का वार्षिक औसत प्रायः 77° से 80° के बीच रहता है। यहाँ चूँकि सूर्य की किरणें सदैव सीधी चमकती हैं और वर्ष भर में दिन-रात की लम्बाई में भी कोई विशेष अन्तर नहीं होता, इसलिए यहाँ वार्षिक सूर्याभिताप की वक्र रेखा अपेक्षाकृत एकसी रहती है। फलस्वरूप यहाँ न केवल वर्ष भर ऊँचे तापमान ही रहते हैं, अपितु उनमें ऋतुवत अन्तर भी बहुत कम रहता है। ऋतुवत तापमान में जो कुछ थोड़ा अन्तर मिलता है, वह सूर्याभिताप के कारण नहीं बरन् मेघाच्छन्नता और वर्षा के कारण होता है। वार्षिक तापान्तर प्रायः 5° से कम रहता है। उदाहरणतः अमेजन बेसिन में बेलम और इक्वीटोस में वार्षिक तापान्तर क्रमशः 3° और 4.3° रहता है। इसी प्रकार सिंगापुर का 3.2° है। इन्हीं अक्षान्तरों में समुद्रों के ऊपर वार्षिक तापान्तर और भी कम रहता है। प्रशान्त महासागर में मार्शल द्वीप में स्थित जल्यूट (Jaluit) का वार्षिक तापान्तर केवल 0.8° नापा गया है।

उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु के प्रतिनिधि के स्थान जलवायु अंक सिंगापुर (मलाया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	78.3	79.0	80.2	80.8	81.5	81.1	81.0	80.6
वर्षा	8.5	6.1	6.5	6.9	7.2	6.7	6.8	8.5
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	80.4	80.1	79.3	78.6	80.1	3.2		
वर्षा	7.3	8.2	10.0	10.4	92.9	—		

वार्षिक तापान्तर की अपेक्षा यहाँ दैनिक तापान्तर अधिक रहता है। यहाँ तापमान का दैनिक अन्तर प्रायः 10° से 25° तक देखा जाता है। उदाहरणतः, कांगो बेसिन बोलोबो (Bolobo) नगर का दैनिक तापान्तर 16° रहता है जबकि यहाँ वार्षिक तापान्तर केवल 2° ही रहता है। यहाँ साधारणतः मध्याह्न के समय तापमान 85° से 93° तक बढ़ जाता है और रात्रि को 70° से 75° तक नीचे उतर जाता है। इसीलिए यह कहा जाता है कि इन जलवायु क्षेत्रों में राते जाड़े की ऋतु होती है। यहाँ तापमान के अन्तर में भी कभी बड़ा विभेद नहीं रहता। जैसे बेलमनगर का दैनिक अधिकतम औसत तापमान 91.4° और दैनिक न्यूनतम औसत 68° ही रहता है। यद्यपि यहाँ दिन का तापमान बहुत अधिक ऊँचा नहीं जाता, परन्तु ऊष्मा के साथ तीव्र प्रकाश और बहुत अधिक निरपेक्ष तथा सापेक्ष आर्द्रता के कारण यहाँ की वायु-दशा बड़ी असहनीय हो जाती है।

वर्षा—इन जलवायु क्षेत्रों में वर्ष-भर भारी वर्षा होती रहती है। शुष्क मौसम का यहाँ अभाव रहता है। सामान्यतः इन प्रदेशों में विश्व में सर्वाधिक वर्षा होती है। वार्ड ने अनुमान लगाया है कि डोलड्रम पेट्री में वर्षा का औसत 100 इंच के लगभग रहता है। महाद्वीपीय भागों की अपेक्षा समुद्री भागों में वर्षा अधिक होती है। वर्षा की प्रचुरता के कारण ही डोलड्रम क्षेत्र में समुद्री सतह का पानी कम खारा होता है। इस प्रदेश में विषुवत रेखा के समीप वर्षा के लिए आदर्श अवस्थाएँ पायी जाती हैं। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि यह प्रदेश ऊपर उठती हवा (region of rising air) का प्रदेश है। यहाँ कुछ तो सन्मार्गी हवाओं की वायु-राशियों के अभिसरण (convergence) के कारण और कुछ डोलड्रम की उष्ण, आर्द्र तथा अस्थिर वायु में स्थानीय संवहन के कारण वायु ऊपर उठती रहती है। यहाँ कमजोर चक्रवात तथा झंझावात भी अधिक आते हैं। अतः अस्थिर वायु के थोड़े-से ऊपर उठने पर ही भारी वर्षा हो जाती है। यहाँ अधिकांशतः कपासी बादल छाये रहते हैं। डोलड्रम क्षेत्र में मेघाच्छन्नता 58% तक रहती है। अमेजन की घाटी में मनाओस नगर में प्रति मास मेघाच्छन्नता 6/10 और 7/10 के मध्य रहती है।

यद्यपि इस प्रदेश में कोई शुष्क ऋतु नहीं होती, परन्तु इससे यह निष्कर्ष निकाल लेना गलत होगा कि यहाँ वर्षा साल भर एकसमान होती रहती है। साल के कुछ भाग में वर्षा अधिक और कुछ भाग में वर्षा कम होती है। अधिक वर्षा के काल में वर्षा अधिक दिनों तक होती है। कुछ ही दिन ऐसे निकलते हैं जबकि वर्षा नहीं होती। कम वर्षा के मौसम में वर्षा के दिन कम रहते हैं और साथ ही प्रतिदिन वर्षा का औसत भी कम रहता है। इस जलवायु-प्रदेश में वर्ष-प्रतिवर्ष वर्षा के औसत में अन्तर पाया जाता है, परन्तु यह अन्तर कभी भी ऐसा नहीं होता जितने कि फसलों को क्षति हो।

यहाँ होने वाली वर्षा अधिकांशतः संवहनीय प्रकार की होती है। कपासी-वर्षा बादलों में वर्षा भारी बौछार के रूप में होती है। अधिकतम वर्षा दिन के गरम समय में होती है। प्रातःकाल का समय प्रायः स्वच्छ रहता है। किन्तु ज्यों-ज्यों सूर्य आकाश में ऊपर उठता जाता है तापमान बढ़ता जाता है और कपासी बादल बनने लगते हैं। मध्याह्न के समय प्रचण्ड झंझावात आते हैं। कभी-कभी एक ही दिन में कई झंझावात आ जाते हैं। इनके साथ भारी गर्जन और विद्युत चमक होती है। डोलड्रम की पेट्री में संसार में सबसे अधिक झंझावात आते हैं। यहाँ वर्ष भर में औसत रूप से 75 से 150 दिन झंझावात आते हैं।

चक्रवात—यहाँ कमजोर उष्ण चक्रवात भी चला करते हैं। इन उष्ण चक्रवातों से भी अच्छी वर्षा होती है। चक्रवातीय वर्षा यद्यपि भारी नहीं होती परन्तु अधिक समय तक गिरती है।

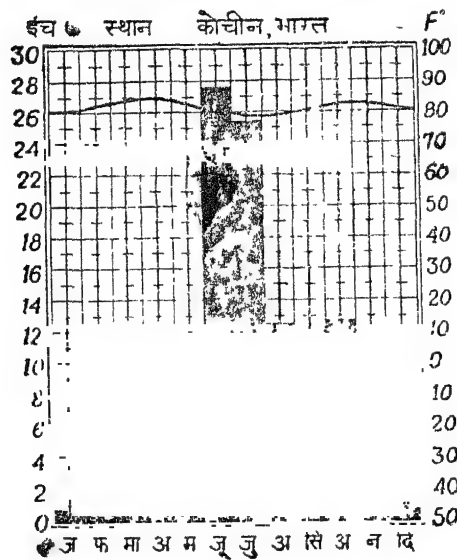
हवाएँ—इन प्रदेशों में वायुदाब का ढाल बड़ा हल्का होता है, अतः यहाँ वायु का चलन भी हल्का रहता है। वायु प्रवाह के अभाव में यहाँ गर्मी बड़ी कठोर और कष्टदायक प्रतीत होती है।

झंझावात के समय आने वाली तेज हवाओं से यहाँ थोड़ी राहत मिलती है। निम्न अक्षांतरों में समुद्र तटों के समीप समुद्री पवन यहाँ की महत्वपूर्ण जलवायु घटना है। दिन को समुद्र से आने वाली शीतल हवा तटों के ऊपर रहने वाले लोगों के लिए वरदानस्वरूप होती है। यही कारण है कि उष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपों के भीतरी भागों की अपेक्षा तटवर्ती भाग मानव निवास के अधिक अनुकूल होते हैं।

प्रतिनिधि क्षेत्र—उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु मुख्यतः दक्षिणी अमरीका में अमेजन बेसिन, अफ्रीका में कांगो बेसिन व गिनीतट और दक्षिणी-पूर्वी एशिया के तटीय प्रदेशों (पूर्वी द्वीपसमूह और फिलीपाइन सहित) में पायी जाती है। कुछ परिवर्तित रूप में यह जलवायु ब्राजील के पवनाभिमुख पूर्वी तट, मध्य अमरीका, पश्चिमी द्वीपसमूह, मेडागास्कर द्वीप तथा दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर कोलम्बिया में पायी जाती है।

उष्ण मानसूनी जलवायु (Monsoon Rainforest Climate) [Am]

उष्ण मानसूनी जलवायु उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु का ही एक उपभाग है। इसमें उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु की अपेक्षा वार्षिक वर्षा की मात्रा अधिक होती है। किन्तु इसमें विषुवत



चित्र 146

रेखीय प्रदेशों की भाँति वर्षा का वितरण साल भर एक जैसा नहीं रहता। इसमें एक छोटी शुष्क ऋतु अवश्य होती है। वार्षिक वर्षा के वितरण की दृष्टि से यह सवाना प्रदेश से मिलती है, यद्यपि यहाँ वर्षा की मात्रा अधिक रहती है और शुष्क मौसम की अवधि भी ज्यादा लम्बी नहीं होती। इस जलवायु वाले भागों में अधिकतम वर्षा प्रायः ग्रीष्म में होती है जबकि मानसून जल से स्थल की ओर चलते हैं। यद्यपि यहाँ निश्चित शुष्क ऋतु होती है किन्तु फिर भी वर्षा इतनी अधिक होती है कि भूमि साल भर काफी नम बनी रहती है जिससे प्रचुर तथा सघन वनस्पति पैदा होती है। यहाँ प्रायः अधिकतम तापमान उस समय होते हैं जबकि भारी वर्षा वाले मौसम के प्रारम्भ होने के पूर्व आकाश स्वच्छ रहता है। इस प्रकार की जलवायु मुख्यतः उष्ण कटिबन्धीय दक्षिणी-पूर्वी एशिया के मानसून प्रदेशों और अफ्रीका के पश्चिमी गायना तट पर पायी जाती है।

उष्ण मानसूनी जलवायु के प्रतिनिधि स्थान के जलवायु अंक कोचीन (भारत)

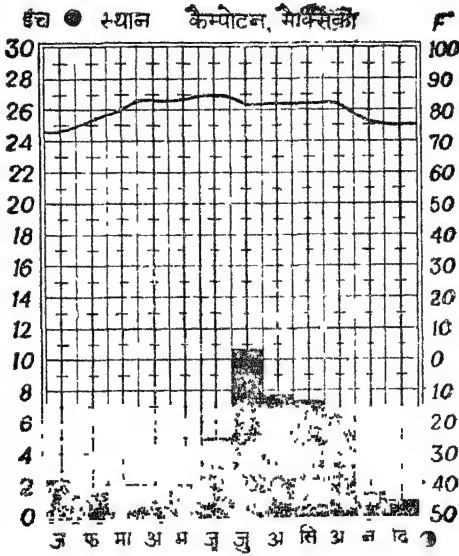
	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	77.8	79.8	81.6	83.6	83.1	78.5	76.7	77.4
वर्षा	0.3	0.2	0.6	3.2	9.5	35.0	29.8	15.3
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	78.3	79.1	79.5	78.3	79.5	6.9		
वर्षा	8.4	10.3	4.9	1.1	118.6	—		

उष्ण सवाना जलवायु (Tropical Savanna Climate) [Aw]

स्थिति तथा विस्तार—सवाना जलवायु उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु और शुष्क सहारा जलवायु के मध्य स्थित है। इनका विस्तार सामान्यतः विषुवत रेखा के दोनों ओर 5° से 15° अक्षांतर तक पाया जाता है परन्तु महाद्वीपों के पूर्वी भागों में ये 30° अक्षांतर तक फैले हुए भी पाये जा सकते हैं, इस प्रकार ये प्रदेश एक ओर विषुवत रेखा के समीप डोलड्रम की आर्द्र और अस्थिर वायु-राशियों तथा दूसरी ओर उपोष्ण उच्च वायुदाब के क्षेत्रों की शुष्क और स्थिर वायु-राशियों के बीच आ गये हैं। इनके एक छोर पर निरन्तर आर्द्र और दूसरे छोर पर निरन्तर शुष्क जलवायु वाले प्रदेश हैं। अतः सवाना प्रदेश में दोनों ही जलवायु की विशेषताएँ पायी जाती हैं। विषुवतरेखीय भाग की ओर स्थित सवाना प्रदेश में भारी वर्षा होती है और शुष्क ऋतु छोटी होती है। तापमान और वनस्पति भी उष्ण विषुवत-रेखीय जलवायु से मिलती-जुलती होती है। किन्तु ध्रुवों की ओर बढ़ने पर वर्षा ऋतु छोटी होती जाती है, तापान्तर बढ़ता जाता है और वृक्षों के स्थान पर घास अधिकाधिक स्थान लेती जाती है।

संसार में सवाना प्रदेश दक्षिणी अमरीका में ओरीनीको घाटी के लानोज (कोलम्बिया और वेनेजुएला), गायना के उच्च पठारी भाग, ब्राजील के कम्पाज, अफ्रीका में सूडान और वेल्ड (जेम्बेजी का ऊपरी बेसिन एवं जंजीबार बेसिन) तथा आस्ट्रेलिया के उत्तरी व भीतरी भाग में फैले हुए पाये जाते हैं।

तापमान—उष्ण विषुवत-रेखीय जलवायु और सवाना जलवायु में तापमान में बहुत अधिक विभेद नहीं मिलता। यहाँ लगातार ऊँचे तापमान बने रहते हैं। क्योंकि यहाँ मध्याह्न में सूर्य कभी भी तिरछा नहीं चमकता और रात-दिन की लम्बाई में भी विशेष अन्तर नहीं पड़ता। यहाँ वार्षिक तापान्तर 5° से 15° तक रहता है। इस तापान्तर का प्रभाव यह होता है कि अधिक तापमान वाले महीने गरम तथा कम तापमान वाले महीने कम गरम होते हैं। गर्मियों में तापमान का औसत 80° फा० रहता है। मार्च, अप्रैल और मई गरम महीने होते हैं। शीतकाल का औसत तापमान 68° फा० होता है।



चित्र 147

उष्ण सवाना प्रदेश के प्रतिनिधि स्थानों के जलवायु अंक
टिम्बो (Timbo) फ्रांसीसी पश्चिमी अफ्रीका (10° 40' उ०)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	72	76	81	80	77	73	72	72
वर्षा	0.0	0.0	1.0	2.4	6.4	9.0	12.4	14.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	72	73	72	71	74	9.7		
वर्षा	10.2	6.7	1.3	0.0	64.1	—		

कलकत्ता (भारत)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	65	70	79	85	86	85	83	82
वर्षा	0.4	1.1	1.4	2.0	5.0	11.2	12.1	11.5
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	83	80	72	65	78	21		
वर्षा	9.0	4.3	0.5	0.2	58.8	—		

वर्षा—उष्ण विषुवतरेखीय जलवायु प्रदेश की अपेक्षा यहाँ वर्षा कम होती है। यहाँ वर्षा का वार्षिक औसत 40 इंच से 60 इंच के बीच रहता है। किन्तु उन स्थानों पर जहाँ ये शुष्क पेटी को छूने हैं वर्षा कम तथा जहाँ से विषुवतरेखीय भागों को लगे हुए हैं, वर्षा अधिक होती है। सामान्यतः वर्षा की मात्रा ध्रुवों की ओर कम होती जाती है।

यहाँ पर वर्षा का वितरण भी मौसमी है। अधिकांश वर्षा ग्रीष्मऋतु में होती है। जाड़े की ऋतु शुष्क बीतती है। ग्रीष्म में विषुवतरेखीय न्यून वायुदाब की पेटी 20° अक्षांतर तक खिसक आती है, अतः सवहनीय वर्षा अधिक होती है। जाड़ो में ये प्रदेश सन्मार्गी हवाओं की पेटी में रहते हैं अतः वर्षा नहीं होती।

यहाँ वर्षा का वितरण अक्षांशीय स्थिति के अनुसार भिन्न-भिन्न होता है। विषुवतरेखीय प्रदेश से लगे हुए सवाना के भागों में साल भर वर्षा का मौसम रहता है। विषुवतरेखा से ध्रुवों की ओर बढ़ने पर वर्षा ऋतु की अवधि घटती जाती है और शुष्क मौसम की लम्बाई बढ़ती जाती है। सवाना प्रदेशों के लिए यह कहा जा सकता है कि यहाँ वर्षा सूर्य का अनुगमन करती है।

उष्ण विषुवतरेखीय प्रदेशों की अपेक्षा यहाँ न केवल कुल वर्षा की मात्रा ही कम होती है परन्तु वर्ष भर में उसका वितरण भी असमान और अनिश्चित रहता है। वर्ष-प्रतिवर्ष वर्षा की मात्रा में बड़ा अन्तर रहता है। एक वर्ष अत्यधिक वर्षा से फसलें नष्ट हो जाती हैं तो दूसरे वर्ष सूखे के कारण कोई फसल नहीं होती। वर्षा की इस अनिश्चितता के कारण सवाना प्रदेशों की मानव-जीवन को पालने (supporting) की क्षमता बहुत अधिक घट जाती है।

ऋतुवत मौसम—वर्षा ऋतु से सवाना प्रदेश का मौसम उष्ण विषुवतरेखीय प्रदेशों से मिलता-जुलता होता है। वर्षा ऋतु के प्रारम्भ और अन्तकाल में यहाँ प्रचण्ड झझावात आते हैं और तेज आँधियाँ चला करती हैं। जब वर्षा पूरे जोर पर होती है तो झझावात कम आते हैं। जाड़े की शुष्क ऋतु में यहाँ का मौसम मरुस्थलों जैसा रहता है। इस समय वायु की आर्द्रता घट जाती है। वर्षा काल का आर्द्र मौसम और कष्टदायक गर्मी के बाद शुष्क मौसम स्वागत योग्य होता है। शुष्क महीनों में भी यदाकदा वर्षा की बौछारें हो जाया करती हैं। शुष्क मौसम में सवाना का भू-दृश्य बिल्कुल सूखा होता है। घास सूखकर पीली पड़ जाती है। पेड़ों की पत्तियाँ गिर जाती हैं। नदियाँ सूख जाती हैं। मिट्टी में तिरकनें पड़ जाती हैं। संक्षेप में समस्त प्रकृति सुप्त-सी जान पड़ती है।

शुष्क जलवायु (Dry Climate) [B]

ससार के एक बहुत बड़े भाग में शुष्क जलवायु पायी जाती है। इस जलवायु की प्रमुख विशेषता यह है कि वर्षा से अधिक वाष्पीकरण तीव्र होता है। अतः यहाँ वर्षा की कमी रहती है। वर्षा की कमी से यहाँ अधोभूमि जल की स्थायी रूप से पूर्ति सम्भव नहीं होती है जिससे इन भागों में सदा बहने वाली नदियों का विकास नहीं हो सकता। यद्यपि अधिक आर्द्र भागों से निकलकर

आने वाली नदियाँ इन शुष्क भागों में होकर बह सकती हैं जैसे नील एवं कोलोरेडो नदियाँ। शुष्क जलवायु के लिए यदि उपरोक्त परिभाषा अर्थात् 'वर्षा से अधिक प्रभावी वाष्पीकरण की तीव्रता' को स्वीकार कर लिया जाय तो कठिनाई यह है कि पृथ्वी के विभिन्न भागों में वाष्पीकरण की मात्रा में बड़ा विभेद मिलता है। अतः मसार में शुष्क जलवायु क्षेत्रों की सीमा किसी भी प्रकार की मात्रा के द्वारा निश्चित नहीं की जा सकती।

शुष्क जलवायु के दो उपभाग हैं—(क) शुष्क या मरुस्थलीय जलवायु, (ख) अर्द्ध-शुष्क या स्टेपी जलवायु। सामान्यतः स्टेपी जलवायु शुष्क और आर्द्र भागों के बीच एक अन्तरिम अवस्था है।

तापमान—शुष्क जलवायु प्रदेश सामान्यतः महाद्वीपों के भीतर पवन विमुख दिशा की ओर स्थिर पाये जाते हैं, इसलिए यहाँ तापमान स्वाभाविकतया ऊँचे पाये जाते हैं। यहाँ मौसमी तापमान में बड़ा अन्तर मिलता है अतः वार्षिक तापान्तर भी बहुत अधिक रहता है। इन भागों में स्वच्छ आकाश, वनस्पति के अभाव और न्यून आर्द्रता के कारण दिन को प्रचुर मात्रा में सूर्यताप प्राप्त होता है, परन्तु रात्रि को उसी भाँति पुनः नष्ट भी हो जाता है। अतः इन भागों में दैनिक तापान्तर बहुत अधिक रहता है।

वर्षा—इन भागों में वर्षा बहुत ही कम होती है। वर्षा का औसत वर्ष-प्रतिवर्ष बदलता भी रहता है। इस प्रकार यहाँ वर्षा विश्वमानीय नहीं है। वैसे मसार का कोई भाग ऐसा नहीं है जहाँ वर्षा नहीं होती हो परन्तु अफ्रीका में सहारा और उत्तरी चिली में 17 वर्षों की अवधि में वार्षिक वर्षा का औसत केवल 0.02 इंच रहा।

शुष्क जलवायु वाले भागों में सापेक्ष आर्द्रता कम रहती है। दिन को इसका औसत 12 से 30 प्रतिशत तक रहता है। इसलिए यहाँ वाष्पीकरण बहुत ही तीव्र होता है। निरपेक्ष आर्द्रता सदैव कम नहीं रहती। यहाँ सूर्य की किरणें बड़ी प्रखर होती हैं। आकाश में बादल कम छाये रहते हैं।

हवाएँ—शुष्क प्रदेशों में हवाएँ बड़ी तेज होती हैं। महासागरों की भाँति यहाँ भी हवाओं के मार्ग में कोई बाधा (वनस्पति) नहीं होती, जिससे हवाएँ प्रचण्ड हो उठती हैं। यहाँ चलने वाली निरन्तर और प्रचण्ड हवाओं के कारण वायु धूल के वारीक कणों से भर जाती हैं और समस्त वातावरण धूलमय हो जाता है। दिन को तेज आँध्रियों के साथ बालू उड़ती रहती है जिससे यहाँ यात्रा करने वाले लोगों को बड़ा कष्ट होता है। नाक, आँख और मुँह सब धूल से भर जाते हैं और श्वास लेना कठिन हो जाता है। मरुस्थलों से बड़ी मात्रा में धूल उड़कर समीपीय प्रदेशों में लोयस के रूप में निक्षेपित हो जाती है।

जलवायु के वर्गीकरण में यहाँ शुष्क जलवायु के दो बड़े भाग किये गये हैं जो तापमान की भिन्नता पर आधारित हैं—(1) निम्न अक्षांशों के उष्ण मरुस्थल और स्टेपी, तथा (2) मध्य अक्षांशों के ठण्डे मरुस्थल और स्टेपी।

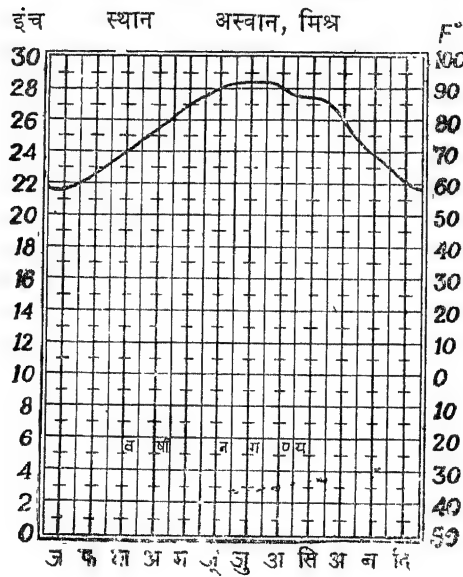
निम्न अक्षांशों के उष्ण मरुस्थल (Low Latitude Desert) [Bwh]

स्थिति—निम्न अक्षांशों के उष्ण मरुस्थल सामान्यतः विषुवत रेखा के दोनों ओर महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में 15° से 30° अक्षांशों के मध्य स्थित पाये जाते हैं। चूँकि इन भागों में उष्ण और शुष्क हवा सदैव नीचे उतरती रहती है इसलिए यहाँ सवहनीय वर्षा के लिए अवस्थाएँ प्रतिकूल रहती हैं। इन क्षेत्रों से हवा का अपसरण (divergence) भी होता है। इस कारण यहाँ चक्रवाती तूफान और वाताग्रों का विकास भी नहीं होता। यहाँ मरुस्थल की वायु इतनी शुष्क होती है कि जब बादलों से कोई वर्षा गिरती है तो प्रायः वह भूमि तक पहुँचने के पूर्व

ही वाष्प में बदल जाती है। फलस्वरूप निम्न अक्षांशों के मरुस्थल पृथ्वी पर लगभग वर्षा विहीन प्रदेश हैं।

तापमान—उष्ण कटिबन्ध में सर्वाधिक वार्षिक तापान्तर उष्ण मरुस्थलों में ही मिलता है। यहाँ प्रायः वार्षिक तापान्तर 20° से 30° के बीच रहता है। सहारा के अस्वान नगर का जनवरी का औसत तापमान 61° और जुलाई का 95° रहता है। फलस्वरूप वार्षिक तापान्तर से स्पष्ट है कि उष्ण मरुस्थलों में उष्ण तथा आर्द्र विषुवतरेखीय प्रदेशों की अपेक्षा आकाश स्वच्छ रहता है, आर्द्रता कम होती है और भूमि वनस्पतिविहीन होती है। यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि जाड़ों की ठण्ड की अपेक्षा ग्रीष्म ऋतु की गर्मी ही मौसमों के बीच उल्लेखनीय अन्तर पैदा करती है।

यहाँ तापमान का दैनिक अन्तर 25° से 45° के बीच रहता है। कभी-कभी यह औसत



60° से 70° तक पहुँच जाता है। मौसमी तापमान में यहाँ विशेष अन्तर नहीं पड़ता। मौसमी तापान्तर 25° के आसपास रहते हैं। ग्रीष्म ऋतु में यहाँ प्रचण्ड गर्मी पड़ती है। ग्रीष्म में तापमान का औसत 85° से 95° के बीच रहता है (यूमा 91° ; टिम्बुकटू 94.5°)। ग्रीष्म का अधिकतम तापमान ट्रिपोली से 36 मील दूर अजाजिया नामक स्थान पर 136.4° नापा गया है। यह ससार का नापा गया सर्वाधिक ऊँचा तापमान है। जाड़ों में तापमान का औसत 60° से 70° के बीच रहता है। कभी-कभी यह 80° तक पहुँच जाता है। जाड़ों में रातें बेहद ठण्डी होती हैं। जाड़ों में प्रायः हल्का पाला गिर जाता है। जाड़ों की रात्रि को यहाँ ओस का गिरना भी सामान्य बात है।

चित्र 148

उष्ण मरुस्थल के प्रतिनिधि स्थानों की वर्षा और तापमान के अंक
जेकोबाबाद (पाकिस्तान)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	57	62	75	86	92	98	95	92
वर्षा	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	1.0	1.1
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	89	79	68	59	79	41		
वर्षा	0.3	0.0	0.1	1.0	4.0	—		

विलियम ग्रीक (ऑस्ट्रेलिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	83	83	76	67	59	54	52	56
वर्षा	0.5	0.4	0.8	0.4	0.4	0.7	0.3	0.3
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	62	70	77	81	68	30.5		
वर्षा	0.4	0.3	0.4	0.3	5.4	—		

वर्षा—उष्ण मरुस्थलों की बाह्य सीमा को निर्धारित करने में यद्यपि वर्षा की मात्रा कोई निर्णायक तत्त्व नहीं है फिर भी 10 से 20 इंच वर्षा इसका औसत माना जा सकता है। सहारा के अधिकांश भागों में वर्षा का औसत 5 इंच से कम रहता है। यही अवस्था निम्न अक्षांशों के अन्य उष्ण मरुस्थलों में भी देखी जाती है। वार्षिक वर्षा का औसत मिस्र में काहिरा का 1.2"; पीरू में लीमा का 2"; आस्ट्रेलिया में विलियम क्रीक का 5.4" है। मरुस्थली वर्षा के सही ज्ञान के लिए औसत वर्षा का बहुत कम मूल्य है, क्योंकि यहाँ वर्षा का समय बड़ा अनिश्चित रहता है। उत्तरी चिली के कुछ भागों में कभी-कभी 5 से 10 वर्ष की अवधि तक बिलकुल ही वर्षा नहीं होती। वहाँ इक्विकी (Iquique) नगर में एक बार 4 वर्षों तक कोई वर्षा नहीं हुई, किन्तु पाँचवें वर्ष वहाँ एक ही वर्षा में 2.5 इंच पानी गिर गया।

उष्ण मरुस्थलों में होने वाली वर्षा संवहनीय प्रकार की होती है, अतः ऐसी वर्षा का क्षेत्र लम्बा-चौड़ा न होकर सीमित होता है। इन मरुस्थलों के ध्रुववृत्तीय छोरों पर कभी-कभी विस्तृत भागों में वर्षा हो जाती है। ऐसी वर्षा प्रायः जाड़ों में मध्य अक्षांशों के चक्रवातों द्वारा होती है।

उष्ण मरुस्थली भागों में आकाश स्वच्छ रहता है इसलिए यहाँ सूर्य खूब तेजी से चमकता है। सूर्य की प्रखरता के कारण यहाँ वाष्पीकरण अधिक होता है। यूमा नगर में उष्ण मास का वाष्पीकरण का औसत 55 इंच रहता है, जबकि उसी अवधि में वर्षा का औसत 1 इंच से भी कम होता है।

निम्न अक्षांशीय स्टेपी जलवायु (Low Latitude Steppe Climate) [Bsh]

स्थिति—विषुवत रेखा के उत्तर तथा दक्षिण को उष्ण-मरुस्थल और आर्द्र जलवायु के बीच एक अन्तरिम पट्टी है जिसे उष्ण तथा उपोष्ण स्टेपी जलवायु प्रदेश कहा जाता है। उष्ण मरुस्थलों के पश्चिमी किनारों को छोड़कर यह सब ओर उन्हें घेरे हुए स्थित है। इन स्टेपी प्रदेशों में साल के कुछ समय में वर्षा लाने वाली हवाएँ और तूफान चला करते हैं। वर्षा की छोटी अवधि के कारण ही यह जलवायु पूर्ण शुष्क न होकर अर्द्ध-शुष्क होती है।

वर्षा—उष्ण-मरुस्थलों की भाँति इन जलवायु भागों में भी वर्षा बहुत कम होती है। वर्षा की कमी के साथ-साथ उसका वितरण भी असमान और अनिश्चित होता है। वर्षा की अनिश्चितता यहाँ के निवासियों के लिए बड़ी खतरनाक सिद्ध होती है। कभी-कभी कुछ आर्द्र वर्षों के पश्चात् लगातार कई वर्ष सूखे निकल जाते हैं जिससे यहाँ के लोगों पर विनाश की घटा छा जाती है। जहाँ कहीं सिचाई की सुविधा उपलब्ध होती है वही खेती सुरक्षित रहती है। अतः पशु-चारण ही यहाँ के लोगों का मुख्य व्यवसाय है।

स्टेपी के जो भाग ध्रुवों की ओर भूमध्यसागरीय जलवायु से लगे हुए हैं वहाँ समस्त वर्षा जाड़ों में होती है। यह वर्षा इस ऋतु में चलने वाले मध्य अक्षांशीय चक्रवात एवं वातावरणों द्वारा होती है। वर्ष के अधिकांश समय स्टेपी के ये भाग नीचे उतरती हुई शुष्क वायु-राशियों के प्रभाव में रहते हैं जिससे वर्षा नहीं होती। जाड़ों में वर्षा होने से वाष्पीकरण कम होता है। फलस्वरूप वर्षा की थोड़ी मात्रा भी यहाँ वनस्पति की पैदावार के लिए अपेक्षाकृत प्रभावी होती है।

निम्न अक्षांशीय स्टेपी जलवायु के प्रतिनिधि स्थान के तापमान और वर्षा के अंक

बेगासी (ट्रिपोली)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	55	57	63	66	72	75	78	79
वर्षा	3.7	1.8	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	78	75	66	59	69	24		
वर्षा	0.1	0.3	2.1	3.1	11.9	—		

केडज (Kayes) (फ्रांसीसी पश्चिमी अफ्रीका)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	77	81	89	94	96	91	84	82
वर्षा	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	3.9	8.3	8.3
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	82	85	83	77	85	19.2		
वर्षा	5.6	1.9	0.3	0.2	29.1	—		

उष्ण मरुस्थलो के विषुवतरेखीय किनारों की ओर स्थित स्टेपी के भागों में वर्षा ग्रीष्म-ऋतु में होती है। यहाँ वर्षा का समय सवाना जलवायु के समान ही होता है, परन्तु यहाँ शुष्क मौसम अधिक लम्बा और वर्षा की मात्रा कम होती है। ग्रीष्म में वर्षा होने से वाष्पीकरण अधिक होता है जिससे वनस्पति की पैदावार के लिए इसका प्रभाव घट जाता है। यहाँ के तापमान समीप के मरुस्थलों की भाँति ही होते हैं।

मध्य अक्षांशीय मरुस्थल

(Middle Latitude Deserts) [BWk]

मध्य अक्षांशीय मरुस्थल महाद्वीपों के भीतरी भागों में कम ऊँचाई के तश्तरीनुमा क्षेत्रों में स्थित हैं। एशिया महाद्वीप में तारिम बेसिन, गोबी, जूंगेरिया, रूसी तुकिस्तान एवं मध्यवर्ती ईरान सब ऐसे क्षेत्र हैं। ये सब ऊँची पर्वत-श्रेणियों से घिरे हुए हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका में प्रमुख मरुस्थल भी इसी भाँति पर्वतों से घिरे हैं। पर्वतों से घिरे होने के कारण ये वृष्टि-छाया प्रदेश हैं। यहाँ शुष्क हवाएँ ऊपर से नीचे उतरती रहती हैं जिससे शुष्कता और बढ़ जाती है। किन्तु ये उष्ण मरुस्थलों की भाँति एकदम शुष्क नहीं हैं। यहाँ अधिकांश वर्षा गर्मियों में होती है। कुछ वर्षा जाड़ों में हिमपात के रूप में भी होती है।

मध्य अक्षांशीय मरुस्थल के प्रतिनिधि स्थानों के तापमान एवं वर्षा के अंक

सान्ताक्रुज (अर्जेंटीना)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	59	58	55	48	41	35	35	38
वर्षा	0.6	0.4	0.3	0.6	0.6	0.5	0.7	0.4
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	44	49	53	56	47.5	24		
वर्षा	0.2	0.4	0.5	0.9	6.1	—		

फेलन (Fallon) (नेवैदा)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	31	36	41	50	56	65	74	72
वर्षा	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.3	0.1	0.2
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	तापान्तर	वार्षिक		
तापमान	61	51	40	32	50.6	42.7		
वर्षा	0.3	0.4	0.3	0.6	4.7	—		

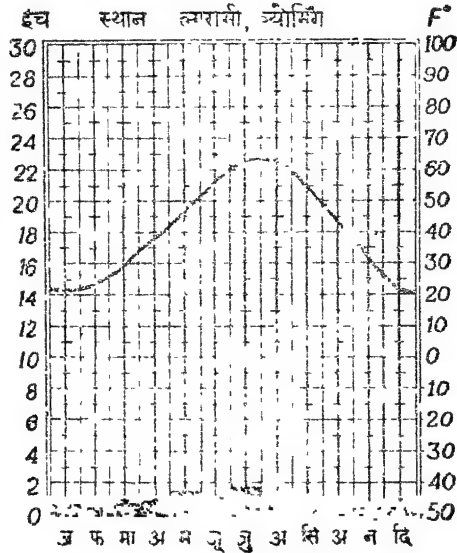
ग्रीष्म ऋतु में ये प्रदेश बहुत गरम रहते हैं। कई बार ग्रीष्म मास का औसत उष्ण मरुस्थलों के औसत से भी अधिक बढ़ जाता है। मध्य एशिया में लुकचुन (Luckchun) नामक स्थान पर

जुलाई का औसत तापमान 90° रहता है। जुलाई में दैनिक औसत 110° से भी ऊपर पहुँच जाता है। इसके विपरीत जनवरी का औसत तापमान केवल 13° ही रहता है।

दक्षिणी अमरीका में अर्जेण्टाईना के दक्षिण में पेटेगोनिया भी मध्य अक्षांशीय मरुस्थल में सम्मिलित है, परन्तु यहाँ अवस्थाएँ कुछ भिन्न पायी जाती हैं। यहाँ तट के समीप ठण्डी धारा बहती है और स्थल भाग भी सँकरा है अतः यहाँ तापमान में अधिक अन्तर नहीं पाया जाता है। यहाँ तापमान पर महाद्वीपीय प्रभाव की अपेक्षा समुद्री प्रभाव अधिक देखा जाता है। इसलिए ग्रीष्म ऋतु में तापमान बहुत ऊँचे नहीं जाते और जाड़ा भी साधारण होता है। जैसे सान्ताक्रुज में जुलाई का तापमान 35° और जनवरी का 59° ही रहता है।

मध्य अक्षांशीय स्टेपी (Middle Latitude Steppes) [Bsk]

ये प्रदेश शीतोष्ण कटिबन्ध में महाद्वीप के भीतरी भागों में स्थित हैं। उष्ण कटिबन्ध के अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों की भाँति ये भी आर्द्र जलवायु और मरुस्थलों के बीच अन्तरिम प्रदेश हैं।



चित्र 149

महाद्वीपों के भीतरी भागों में स्थित होने के कारण ये प्रदेश समुद्र के प्रभाव से वंचित रहते हैं। यहाँ ग्रीष्म में तीव्र गर्मी पड़ती है। ग्रीष्म का औसत तापमान 80° के लगभग रहता है। शीत ऋतु में कड़ाके का जाड़ा गिरता है। जाड़ों में तापमान हिमाक बिन्दु से नीचे चला जाता है। इस प्रकार यहाँ की जलवायु बहुत विषम होती है। दक्षिणी गोलार्द्ध वाले इन भू-भागों में जलवायु इतनी विषम नहीं होती।

समुद्र से दूर स्थल के भीतर स्थित होने से यहाँ वर्षा कम होती है। अधिकांश वर्षा ग्रीष्म के प्रारम्भ तथा बसन्त ऋतु में होती है। वर्षा समुद्रों से आने वाली हवाओं अथवा संवहनीय हवाओं द्वारा होती है। यहाँ वर्षा का वार्षिक औसत 10 इंच से 20 इंच के बीच रहता है। उत्तरी व दक्षिणी अमरीका के इन प्रदेशों में अपेक्षाकृत अधिक वर्षा होती है। यहाँ वार्षिक औसत 35 इंच रहता है। परन्तु एशिया और आस्ट्रेलिया में ये प्रदेश पर्वत के पीछे पड़ जाने से शुष्क रहते हैं। यहाँ वर्षा का औसत लगभग 7 इंच ही रहता है।

स्टेपी जलवायु प्रतिनिधि स्थानों की वर्षा और तापमान के अंक विलिस्टोन (संयुक्त राज्य अमरीका)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	6	8	22	43	53	63	69	67
वर्षा	0.5	0.4	0.9	1.1	2.1	3.2	1.7	1.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	56	44	27	14	39.2	62.7		
वर्षा	1.0	0.7	0.6		14.4	—		

उर्गा (मंगोलिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	—16	—4	13	34	48	58	63	59
वर्षा	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	1.7	2.6	2.1
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	48	30	8	—17	28	72		
वर्षा	0.5	0.1	0.1	0.1	7.6	—		

शीतोष्ण आर्द्र जलवायु वाले भाग
(The Humid Mesothermal Climates) [C]

मध्य अक्षांशों के जलवायु क्षेत्र में न तो उष्ण कटिबन्ध के समान निरन्तर उष्णता और न शीत कटिबन्ध के समान निरन्तर ठण्डक पायी जाती है। इसके विपरीत इन अक्षांशों में विभिन्न ऋतुओं में तापमान की अवस्थाओं में निश्चित भेद रहता है। वस्तुतः यहाँ विभिन्न प्रकार की जलवायु को निश्चित करने में तापमान का वही महत्व है जो उष्ण कटिबन्ध में वर्षा का है। उष्ण कटिबन्ध में ऋतुएँ शुष्क अथवा आर्द्र होती हैं परन्तु यहाँ ऋतुओं को ग्रीष्म अथवा ग्रीष्म-ऋतु के नाम से पुकारते हैं। मध्य अक्षांशों में उष्ण कटिबन्धीय उष्ण वायु-राशियाँ और ध्रुव प्रदेशों की शीतल वायु-राशियाँ परस्पर मिलती हैं, इसलिए यहाँ मौसम बड़ा अनिश्चित रहता है। मौसम की परिवर्तनशीलता उन अक्षांशों की विशेषता है। सामान्यतः मध्य अक्षांशों की उपोष्ण जलवायु मध्यम प्रकार की जलवायु होती है।

भूमध्यसागरीय जलवायु
(Mediterranean Climate) [CS]

भूमध्यसागरीय जलवायु महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में 30° से 40° अक्षांशों के बीच स्थित पायी जाती है। इसका अधिकतर विस्तार भूमध्य सागर के समीपवर्ती भागों में पाया जाता है। इसके अतिरिक्त यह मध्यवर्ती कैलीफोर्निया, मध्यवर्ती चिली, दक्षिणी अफ्रीका के दक्षिणी-पश्चिमी भाग, आस्ट्रेलिया के दक्षिणी भाग और तस्मानिया में पायी जाती है। ये भाग उपोष्ण उच्चदाब की पेटियों में ध्रुवों की ओर स्थित हैं। सूर्य के साथ हवा की पेटियों के उत्तर-दक्षिण खिसकने के कारण भूमध्यसागरीय क्षेत्र वर्ष में एक बार शुष्क अयन रेखाओं के साथ और दूसरी बार आर्द्र मध्य अक्षांशों के साथ रहते हैं। अतः इन क्षेत्रों में ग्रीष्मऋतु उष्ण कटिबन्ध के समान निरन्तर उष्णता और जाड़ों में मध्य अक्षांशों की भाँति परिवर्तनशील मौसम होता है। इस प्रकार यह निम्न अक्षांशीय स्टेपी और मरुस्थली प्रदेश और शीतल आर्द्र पश्चिमी तटीय समुद्री जलवायु वाले प्रदेशों के बीच अन्तरिम प्रकार के जलवायु-क्षेत्र है। चिली तथा कैलिफोर्निया में यह जलवायु तट के समान्तर ऊँचे पर्वतों तक ही सीमित रहती है। दक्षिणी अफ्रीका और आस्ट्रेलिया में स्थल का विस्तार ध्रुवों की ओर अधिक नहीं है अतः यह जलवायु केवल तटों तक ही सीमित है।

तापमान—भूमध्यसागरीय जलवायु अपनी विशेषताओं के कारण संसार में विशेष प्रसिद्ध है। चमकीला आकाश, जाड़ों की हल्की वर्षा और साधारण गरम ग्रीष्म ऋतु इस जलवायु की प्रमुख विशेषताएँ हैं। इन प्रदेशों में जाड़े की ऋतु साधारण होती है। जाड़ों का औसत तापमान 40° से 50° के बीच में रहता है। ग्रीष्म का औसत 70° से 80° तक रहता है। अतः वार्षिक औसत तापान्तर 20° से 30° के बीच रहना साधारण बात है। समुद्र के निकटवर्ती स्थानों पर ग्रीष्म ऋतु समुद्री प्रभाव के कारण शीतल रहती है। तटों के समीप ठण्डी धाराओं के बहने के कारण भी गर्मियाँ ठण्डी रहती हैं। उदाहरणार्थ, संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी तट पर सैनफ्रांसिस्को

नगर का ग्रीष्म का तापमान केवल 59° और चिली के बालपेरेजो का 66° तापमान रहता है। समुद्र के निकटवर्ती भागों में वार्षिक तापान्तर कम रहता है। परन्तु समुद्र से दूरवर्ती भागों में वार्षिक तापान्तर अधिक पाया जाता है।

भूमध्यसागरीय प्रदेशों की गर्मियाँ उष्ण स्टेपी अथवा मरुस्थलों के समान होती हैं। यूरोपीय भूमध्यसागरीय देशों में ग्रीष्म ऋतु का औसत तापमान 75° और उत्तरी अफ्रीका का 80° रहता है। ग्रीष्म ऋतु काफी गरम और शुष्क होती है। ग्रीष्म ऋतु में आकाश स्वच्छ रहता है। बादलों के अभाव के कारण प्रखर किरणें प्राप्त होती हैं। इसलिए यहाँ दैनिक औसत तापमान बहुत ऊँचे रहते हैं। सेक्रामेण्टो की घाटी में स्थित रेड ब्लफ का जुलाई का औसत तापमान 81.5° है और दैनिक उच्चतम तापमान 115° तक नापा गया है। रात्रि के समय शुष्क वायुमण्डल में अधिक विकिरण होने से तापमान नीचे गिर जाता है। ग्रीष्म में दैनिक तापान्तर 16 से 22 तक रहता है।

भूमध्यसागरीय प्रदेशों में जाड़े की ऋतु चमकीली और बड़ी मृदुल होती है। जाड़े की साधारण ऋतु होने से ही इन प्रदेशों की अधिक महत्ता है। ऊँचे अक्षांशों के ठण्डे प्रदेशों के निवासी प्रायः जाड़ों में स्वास्थ्य लाभ तथा शीत से बचाव से लिए भूमध्यसागरीय प्रदेशों में आ जाते हैं। जाड़ों का औसत तापमान सेक्रामेण्टो में 46° , मासॅलीज में 43° और रोम में 44° रहता है। जाड़ों में यहाँ भी पाला गिरता है, परन्तु यह बहुत हल्का होता है। यद्यपि कुछ रातों में तापमान हिमाक बिन्दु से नीचे चला जाता है परन्तु ऐसा बहुत कम होता है।

वर्षा—यहाँ सामान्य से भी कम वर्षा होती है। वर्षा का औसत 15 से 25 इंच तक रहता है। यहाँ वर्षा की मात्रा की अपेक्षा उसका वितरण विशेष महत्वपूर्ण है। यहाँ अधिकांश वर्षा जाड़ों में होती है। गर्मियाँ प्रायः शुष्क बीतती हैं। यदि यहाँ वर्षा ग्रीष्म में प्राप्त होती तो वाष्पीकरण के कारण यहाँ अर्द्ध-मरुस्थली अवस्थाएँ पायी जाती। जाड़ों में वाष्पीकरण कम होता है, इसलिए वनस्पति के लिए वह वर्षा अत्यन्त सहायक होती है। ध्रुवों की ओर जाने पर वर्षा की मात्रा बढ़ती जाती है। यद्यपि यहाँ वर्षा जाड़ों में होती है फिर भी बादल अधिक घने नहीं होते जिससे आकाश चमकीला रहता है।

भूमध्यसागरीय जलवायु के प्रतिनिधि स्थानों के तापमान व वर्षा के अंक रेडब्लफ (कैलिफोर्निया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	45	50	54	59	67	75	82	80
वर्षा	4.6	3.9	3.2	1.7	1.1	0.5	0.0	0.1
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	73	64	54	46	62.3	36.3		
वर्षा	0.8	1.3	2.9	4.3	24.3	—		

पर्थ (आस्ट्रेलिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	74	74	71	67	71	57	55	56
वर्षा	0.3	0.5	0.7	1.6	4.9	6.9	6.5	5.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	58	61	66	71	64	19		
वर्षा	3.3	2.1	0.8	0.6	33.9	—		

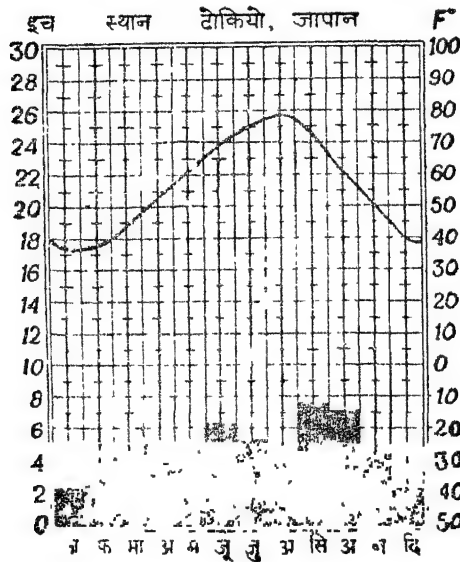
हवाएँ—भूमध्यसागरीय जलवायु की एक अन्य विशेषता यहाँ कई स्थानों पर चलने वाली स्थानीय हवाएँ हैं। भूमध्यसागरीय प्रदेश में उत्तरी अफ्रीका के मरुस्थलों में अत्यन्त गरम तथा शुष्क हवाएँ चलती हैं। ये बड़ी कष्टदायक होती हैं। इन्हें अल्जीरिया में सिरोंको, स्पेन में लेवेची व मिस्र में खामसिन कहते हैं। जब ये हवाएँ ऊँचे पठार से उतरती हैं तो बहुत अधिक गरम और शुष्क हो जाती हैं। कभी-कभी तापमान को 45° से 0° तक पहुँचा देती हैं। इसी प्रकार दक्षिणी फ्रांस में ठण्डी मिस्ट्रल व एज़ियाटिक प्रदेशों में बौरा हवाएँ चलती हैं। दक्षिणी अफ्रीका, चिली व आस्ट्रेलिया के भूमध्यसागरीय प्रदेशों में भी इसी प्रकार की हवाएँ चलती हैं।

चीन तुल्य अथवा आर्द्र-उपोष्ण जलवायु (Humid Sub-tropical Climate) [Ca]

स्थिति—यह जलवायु भी उन्हीं अक्षांशों में स्थित है जिनमें भूमध्यसागरीय जलवायु पायी जाती है। यह जलवायु 30° से 45° अक्षांशों के बीच महाद्वीपों के पूर्वी तटों पर स्थित पायी जाती है। इसका सर्वाधिक विस्तार चीन में पाया जाता है। इसलिए इसको चीन तुल्य प्रदेश भी कहते हैं। चीन के अतिरिक्त इसका विस्तार कोरिया, दक्षिणी जापान, दक्षिणी-पूर्वी संयुक्त राज्य अमरीका, दक्षिणी ब्राजील और ग्रेनेव तथा दक्षिणी-पूर्वी आस्ट्रेलिया के तटीय भागों में मिलता है।

मध्यवर्ती अक्षांशों में महाद्वीपों के पूर्वी किनारों की यह जलवायु पश्चिमी किनारों की भूमध्यसागरीय जलवायु से भिन्न है। इन भागों में सममार्गी हवाओं द्वारा समान रूप से वर्षा होती रहती है। ग्रीष्म में मानसून का प्रभाव रहता है। विषुवत रेखा की ओर यह जलवायु उष्ण एव आर्द्र जलवायु में लुप्त हो जाती है और आर्द्र अवस्थाएँ पश्चिमी किनारों की अपेक्षा अधिक दूर तक पायी जाती हैं। ध्रुवों की ओर भूमध्यसागरीय जलवायु आर्द्र पश्चिमी तटीय समुद्री जलवायु में मिल जाती है, परन्तु आर्द्र उपोष्ण जलवायु महाद्वीपों के भीतरी भागों की शुष्क प्रकार की जलवायु में मिलती है।

तापमान—तापमान में यह जलवायु भूमध्यसागरीय जलवायु से मिलती-जुलती है। किन्तु इनके



तटों पर गरम धाराएँ बहती हैं, इसलिए यहाँ कुहरों का अभाव रहता है। तटीय भाग गरम और आर्द्र बने रहते हैं। महाद्वीपों के भीतर की ओर जलवायु विषम हो जाती है। ग्रीष्म ऋतु का औसत तापमान 75° से 80° रहता है। तटों के समीप तापमान कम रहते हैं जैसे दक्षिणी गोलार्द्ध में। अन्यत्र तापमान काफी ऊँचे रहते हैं, विशेषतः एशिया और उत्तरी अमरीका में। ग्रीष्म का औसत तापमान चार्ल्सटन में 81° , शंघाई में 80° , ब्रिस्बेन में 77° , डर्बन में 77° और ब्यूनसआयर्स में 74° रहते हैं। यहाँ दैनिक उच्चतम तापमान 100° से 110° तक पाये जाते हैं।

चित्र 150

यहाँ केवल तापमान ही ऊँचे नहीं होते, अपितु वायु की निरपेक्ष और सापेक्ष आर्द्रता भी अधिक होती है। इस प्रकार ग्रीष्म में

बादल और आर्द्रता के अधिक रहने के कारण रात्रि में भी तापमान नीचे नहीं उतरते। रात्रि को तापमान धीरे-धीरे कम होता है जिससे दैनिक तापान्तर अधिक नहीं होता। अधिक आर्द्रता और बादलों के कारण राते असह्य हो जाती है।

जाड़े की ऋतु बड़ी मृदुल होती है। जाड़ो का औसत तापमान 40° से 55° के बीच रहता है। जनवरी का औसत तापमान माण्टगुमरी में 49° , शंघाई में 38° , व्यूनसआयर्स में 50° और सिडनी में 52° रहता है। वार्षिक तापान्तर प्रायः कम रहते हैं, परन्तु अक्षांशीय स्थिति और महाद्वीपीय विस्तार के अनुसार इसमें भिन्नता रहती है। जैसे व्यूनसआयर्स का वार्षिक तापान्तर 23° , सिडनी का 19° , माण्टगुमरी का 32° , और शंघाई का 43° रहता है। वस्तुतः उत्तरी गोलार्द्ध में स्थल भागों का विस्तार अधिक होने से उस पर महाद्वीपीय प्रभाव अधिक होता है। इस कारण वहाँ जाड़ो में अधिक जाड़ा और गर्मियों में अधिक गर्मी पड़ती है जिससे वार्षिक तापान्तर भी अधिक रहते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में इस जलवायु वाले भागों पर समुद्री प्रभाव अधिक पड़ता है, जिससे वार्षिक तापान्तर अधिक नहीं होता। जाड़ो में दिन का औसत तापमान 55° से 60° तक रहता है। रात्रि को तापमान 35° से 45° के बीच होता है। जाड़े की ऋतु अपेक्षाकृत शुष्क होती है। अतः दैनिक तापान्तर जाड़ो में अधिक रहता है। जाड़ो में बहुत कम रातों को तापमान हिमांक बिन्दु से नीचे जाता है। तुषार अल्प मात्रा में बहुत कम समय गिरता है। फसलों के उगने का समय कम से कम सात महीने का होता है।

उपोष्ण-आर्द्र जलवायु के प्रतिनिधि स्थानों के तापमान और वर्षा के अंक
शंघाई (चीन)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	38	39	46	56	66	73	80	80
वर्षा	2.8	2.0	3.9	4.4	3.3	6.6	7.4	4.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	73	63	52	42	49	42.8		
वर्षा	3.9	3.7	1.7	1.3	4.58	—		

सिडनी (ऑस्ट्रेलिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	72	71	69	65	59	54	52	55
वर्षा	3.6	4.4	4.9	5.4	5.1	4.8	5.0	3.0
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	59	62	67	70	63	20		
वर्षा	2.9	2.9	2.8	2.8	47.7	—		

वर्षा—उपोष्ण-आर्द्र अक्षांशों में यहाँ अपेक्षाकृत अधिक वर्षा होती है। वर्षा का औसत 30 से 65 इंच के बीच रहता है। वर्षा की मात्रा में स्थानीय रूप से भिन्नता पायी जाती है। महाद्वीपीय भागों की ओर वर्षा कम होती है। अधिकांश वर्षा ग्रीष्मऋतु में होती है। वर्षा सवहनीय हवाओं द्वारा होती है। गर्मी में भीषण झंझावात आया करते हैं, जो स्थानीय कारणों से उत्पन्न होते हैं। इनसे वर्षा के साथ-साथ मेघ-गर्जन और विद्युत-प्रकाश भी होता है। उष्ण कटिबन्धीय टाईफून और हरीकेन से भी यहाँ वर्षा होती है। चीन में मानसून हवाओं से भी वर्षा होती है। जाड़ों में वर्षा हल्की होती है। जाड़ो की वर्षा चक्रवातों के द्वारा होती है। यहाँ हिमपात बहुत

कम होता है। प्रायः हिमपात उस समय होता है, जबकि चक्रवात विषुवत रेखा की ओर खिसकता है अथवा ठण्डी ध्रुवीय हवाओं के पीछे के भाग में आ जाता है।

ध्रुवों की ओर के मध्य अक्षांशीय भागों की अपेक्षा इन आर्द्र व उपोष्ण भागों में मौसम का अनियमित और असामयिक परिवर्तन कम होता है। ग्रीष्म में जबकि तूफानों की पेटी दूर ध्रुवों की ओर स्थित होती है मौसम में परिवर्तन बहुत कम आते हैं। परन्तु जाड़ों में वातावरण की पेटी विषुवत रेखा की ओर होती है, इसलिए मौसम में असामयिक और अनियमित रूप से परिवर्तन अधिक होते हैं। वसन्त में पुनः यह क्षेत्र चक्रवातों के प्रभाव से मुक्त रहता है, अतः मौसम एक जैसा रहता है।

पश्चिमी यूरोपीय अथवा पश्चिमी तटीय समुद्री जलवायु (Marine West Coast Climate) [Cb]

स्थिति—ये प्रदेश 45° से 60° अक्षांशों के बीच महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में स्थित है। ये प्रदेश समुद्रों से आने वाली पछुआ हवाओं के क्षेत्र में पड़ते हैं। इसलिए इन प्रदेशों पर समुद्री प्रभाव स्पष्ट रूप से दृष्टिगोचर होता है। महाद्वीपों के उन भागों में जहाँ भूमि समतल और मैदानी है—जैसे पश्चिमी यूरोप—इस जलवायु का प्रभाव स्थल के बहुत भीतर तक पाया जाता है। परन्तु उत्तरी अमरीका और दक्षिणी अमरीका में रॉकीज व एण्डीज पर्वत-मालाओं के कारण इसका प्रभाव संकीर्ण तटीय भागों तक ही सीमित है।

ये प्रदेश विषुवत रेखा की ओर भूमध्यसागरीय जलवायु से मिल जाते हैं और ध्रुवों की ओर इनका समावेश टुण्ड्रा जलवायु में होता है। दक्षिणी गोलार्द्ध के मध्य अक्षांशों में स्थल के कम विस्तार के कारण यह जलवायु केवल पश्चिमी तटों तक ही सीमित नहीं पायी जाती। यहाँ इसका विस्तार पूर्वी भाग की ओर भी देखा जाता है कि मानसून पवनों की व्यवस्था के कारण अधिक नहीं हो पाता।

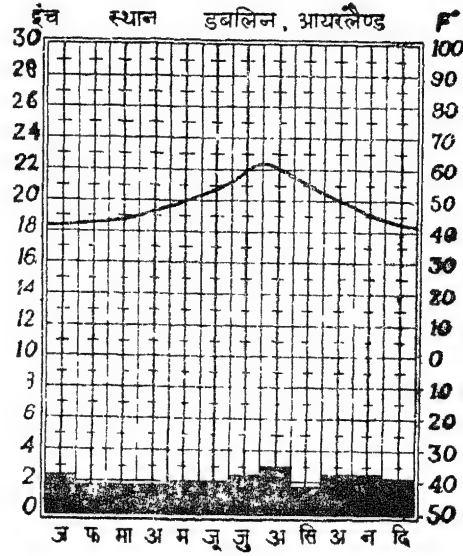
यह जलवायु मुख्यतः पश्चिमी यूरोप में फैली हुई पायी जाती है। उत्तरी अमरीका में इसका विस्तार ब्रिटिश कोलम्बिया तथा अलास्का के दक्षिणी-पश्चिमी तटीय भागों में मिलता है। दक्षिणी चिली, तस्मानिया और न्यूजीलैंड में भी इसी प्रकार की जलवायु देखी जाती है।

तापमान—यद्यपि पश्चिमी यूरोपीय तुल्य प्रदेश शीत-शीतोष्ण कटिबन्ध के उच्च अक्षांशों में स्थित है जहाँ कम तापमान रहना स्वाभाविक है किन्तु ये जलवायु प्रदेश समुद्री प्रभाव के कारण इतने अधिक ठण्डे नहीं होते। इसी कारण इन्हे शीत-शीतोष्ण की अपेक्षा शीतोष्ण प्रदेश में सम्मिलित किया जाता है। यहाँ न अधिक गर्मी पड़ती है और न अधिक जाड़ा। इस विशेषता के कारण ही यह जलवायु अधिक उच्च अक्षांशों में भी सघन जनसंख्या को आकर्षित कर सकी है।

यहाँ ग्रीष्मऋतु शीतल अथवा साधारण शीतल होती है। संयुक्त राज्य अमरीका में सीटल का जुलाई का औसत तापमान 64° , आयरलैंड में डबलिन का 60° , नार्वे में बर्जिन का 58° और फ्रांस में पेरिस का 66° रहता है। आर्द्र मौसम के कारण रात्रि को तापमान विशेष नहीं घटने पाता। जुलाई में दैनिक न्यूनतम तापमान का औसत 55° और दैनिक उच्चतम तापमान का औसत 72° रहता है। इस प्रकार दैनिक तापान्तर भी 20° से अधिक नहीं रहता।

जाड़े की ऋतु असाधारण रूप से मृदुल होती है। पश्चिमी यूरोप में यह बात और भी विशेष रूप से देखी जाती है। इसका कारण उष्ण अन्ध महासागरीय प्रवाह का प्रभाव है। इस ऋतु में समुद्र एक शक्ति का विशाल भण्डार बन जाता है। पश्चिमी यूरोप के तटीय क्षेत्र अपने

अक्षांश से प्रकट होने वाले तापमान की अपेक्षा 20° से 30° फा० तक अधिक गरम रहते हैं। जाड़ों का औसत तापमान 35° से 50° के बीच रहता है। समुद्र तट से दूरी बढ़ने पर तापमान अधिक घटने लगता है। जनवरी का औसत तापमान लन्दन में 39° , सीटल में 40° , वेलेन्शिया में 45° और बाल्डिया में 46° रहता है। सीटल का दैनिक न्यूनतम तापमान का औसत 35° है इसलिए अधिकांश रातों को पाला नहीं गिरता। पेरिस में तीन माह के जाड़ों में केवल आधे समय पाला गिरता है। लन्दन में जनवरी की अधिकांश रातों को तापमान हिमांक बिन्दु से ऊँचा रहता है। जाड़ों में मेघाच्छन्न आकाश और आर्द्र वायु-दशा के कारण दैनिक तापान्तर बहुत कम रहता है। भूमध्यसागरीय जलवायु प्रदेशों की अपेक्षा यहाँ पालारहित मौसम छोटा होता है। यहाँ प्रायः उगने का काल (growing season) 180 से 210 दिन का होता है। कहीं-कहीं पर पाला बहुत कठोर होता है।



चित्र 151

जाड़ों में यहाँ प्रायः हिमपात होता है जिससे कई स्थानों पर वनस्पति जीवन शून्यप्राय हो जाता है। कभी-कभी यहाँ कई दिनों तक तापमान हिमांक बिन्दु से नीचे बना रहता है। जब कभी ध्रुवीय स्थलीय हवाएँ महाद्वीपों के भीतरी भागों से इन क्षेत्रों की ओर चलती हैं तो साथ में ठण्डी हवा के झोंके भी आते हैं।

वर्षा—ये आर्द्र प्रदेश है। प्रत्येक ऋतु में यहाँ पर्याप्त वर्षा होती है। वर्षा की मात्रा विभिन्न स्थानों पर वहाँ की धरातलीय दशा के अनुसार भिन्न-भिन्न होती है। पश्चिमी यूरोप के मैदानी भागों में वर्षा का औसत 20 से 35 इंच के बीच रहता है। इसके विपरीत नाँवें, चिली और ब्रिटिश कोलम्बिया में तटीय-श्रेणियों के कारण वर्षा की मात्रा 100 से 150 इंच तक पहुँच जाती है। किन्तु मैदानी भागों में वर्षा विस्तृत भू-भाग पर प्राप्त होती है, जबकि पर्वतों से घिरे तटीय भागों में वर्षा केवल तटीय क्षेत्र में ही विशेष रूप से होती है।

पश्चिमी तटीय समुद्री जलवायु के प्रतिनिधि स्थानों के जलवायु अंक
वेलेन्शिया (आयरलैण्ड)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	44	44	45	48	52	57	59	59
वर्षा	5.5	5.2	4.5	3.7	3.2	3.2	3.8	4.8
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	57	52	48	45	50.8	15		
वर्षा	4.1	5.6	5.5	6.6	55.6	—		

सीटल (संयुक्त राज्य अमरीका)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	40	42	45	50	55	60	64	64
वर्षा	4.9	3.8	3.1	2.4	1.8	1.3	0.6	0.7
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	59	52	46	42	51.4	24		
वर्षा	1.7	2.8	4.8	5.5	33.4	—		

पेरिस (फ्रांस)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	37	39	43	51	56	62	66	64
वर्षा	1.5	1.2	1.6	1.7	2.1	2.3	2.2	2.2
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	59	51	43	37	50.5	29		
वर्षा	2.0	2.3	1.8	1.7	22.6	—		

वर्षा सभी ऋतुओं में पर्याप्त होती है, इसलिए यहाँ वनस्पति को कभी भी शुष्कता का सामना नहीं करना पड़ता। कुछ समुद्रों के निकटवर्ती स्थानों में ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़े में अधिक वर्षा होती है। जाड़े में वर्षा अधिक होने पर भी हिम बहुत ही कम पड़ता है। सामान्यतः इन प्रदेशों में वर्षा की मात्रा पश्चिम से पूर्व की ओर घटती जाती है।

इन प्रदेशों में अधिकांश वर्षा चक्रवातों अथवा वायु वाताग्रों द्वारा होती है। जाड़ो में चक्रवात अधिक चला करते हैं। इसलिए जाड़ों में बदली व वर्षा का मौसम सबसे अधिक रहता है। जाड़ों की वर्षा बूँदाबूँदी के रूप में काफी समय तक होती है। ग्रीष्म की वर्षा अपेक्षाकृत कम दिनों और तेज बौछार के रूप में होती है। उदाहरणतः, लन्दन में जुलाई के 13 दिनों में 2.4 इंच वर्षा होती है, जबकि जनवरी के 15 दिनों में 1.9 इंच वर्षा ही होती है। यहाँ ग्रीष्मऋतु अधिक चमकीली होती है। झझावात बहुत कम आते हैं। यहाँ की जलवायु की सबसे बड़ी विशेषता बदली है। इसलिए इस जलवायु का स्थान ससार की सर्वाधिक बदली वाली जलवायु में है।

शीतल आर्द्र जलवायु वाले भाग (The Humid Microthermal Climates) [D]

स्थिति—ठण्डी जाड़े की ऋतु, पाले का लम्बा मौसम, कठोर बर्फ और वार्षिक तापान्तर की अधिकता उष्ण आर्द्र जलवायु वाले भागों को शीतल आर्द्र जलवायु वाले भागों से अलग करती है। जलवायु की यह विषमता महाद्वीपों पर उसकी स्थिति और अक्षांश दोनों कारणों से होती है। शीतल आर्द्र जलवायु वाले प्रदेश उपोष्ण जलवायु क्षेत्रों से ध्रुवों की ओर महाद्वीपों के भीतर पवन विमुख भागों में स्थित पाये जाते हैं। चूँकि ये जलवायु प्रदेश स्थल द्वारा नियन्त्रित रहते हैं अतः यहाँ की जलवायु मूलतः महाद्वीपीय प्रकार की होती है। इस प्रकार की जलवायु पर स्थल का प्रभाव अधिक रहता है इसलिए ये प्रदेश केवल उत्तरी गोलार्द्ध में यूरेशिया और उत्तरी अमरीका में ही पाये जाते हैं। दक्षिणी गोलार्द्ध में ऊँचे मध्य अक्षांशों में स्थल का विस्तार बहुत कम है, इस कारण वहाँ इनका अभाव पाया जाता है। शीतल आर्द्र जलवायु वाले प्रदेश महाद्वीपों के पश्चिमी भागों को छोड़कर उनके मध्यवर्ती भागों से लेकर पूर्वी तटीय क्षेत्रों तक विस्तृत होते हैं। उष्ण आर्द्र जलवायु वाले भागों के विपरीत शीतल आर्द्र जलवायु वाले भाग एक-दूसरे से

केवल तापमान में ही बहुत कम अंशों में भिन्न होते हैं। अतः यहाँ पहले उनका संयुक्त रूप से विश्लेषण दिया जा रहा है।

तापमान—इस जलवायु प्रदेश का बहुत अधिक अक्षांशों में विस्तार है इसलिए यहाँ तापमान में बड़ा विभेद मिलता है। किसी अक्षांश पर यहाँ जलवायु अपेक्षाकृत कठोर पायी जाती है जिनसे वाष्पित तापान्तर बहुत अधिक रहते हैं। ग्रीष्म और शीत दोनों ऋतुओं में से यहाँ जाड़े की ऋतु अधिक ठण्डी और भयानक होती है। चूँकि इन प्रदेशों में भूमि अधिकांश समय हिम से ढकी हुई रहती है इसलिए तापमान पर उसका गहरा प्रभाव होता है।

वर्षा—यहाँ वर्षा ग्रीष्म एवं शीत दोनों ऋतुओं में होती है परन्तु अधिकांश वर्षा ग्रीष्मऋतु में ही होती है। शीतऋतु में भूमि बर्फ में ढकी रहती है। बर्फ की ठण्डी सतह से वायु-राशियों में स्थिरता उत्पन्न होती है जिससे वर्षा नहीं हो पाती। ग्रीष्मऋतु में भूमि के गरम होने से सवहन क्रिया बहुत तीव्र होती है जिसमें वहाँ चलने वाली वायु-राशियाँ अस्थिर हो उठती हैं। इस ऋतु में चक्रवात भी चला करते हैं जो स्थल के भीतर काफी दूरी तक पहुँच जाते हैं। ऋतुवत तापमान में अत्यधिक भिन्नता से मानसून हवाओं की उत्पत्ति होती है जिससे ग्रीष्म में उष्ण समुद्री वायु-राशियाँ स्थल की ओर चलती हैं और खूब वर्षा करती हैं। जाड़ों में इसके विपरीत शुष्क और ठण्डी ध्रुवीय महाद्वीपीय वायु-राशियाँ स्थल से चलती हैं जो कोई वर्षा नहीं करती। पश्चिमी तटों की ओर तापमान में अधिक भिन्नता नहीं होती जिससे वहाँ हवाओं का ऋतुवत परिवर्तन नहीं होता।

शीतल और कठोर जलवायु में यह बात विशेष महत्वपूर्ण है कि अधिकांश वर्षा गरम उगने वाले मौसम में होती है। ठण्डी जलवायु में जहाँ पालारहित मौसम छोटा होता है और जाड़े की ऋतु पौधों के उगने के लिए बिल्कुल अनुपयुक्त होती है तथा वर्षा की कुल मात्रा थोड़ी होती है, यह बहुत ही आवश्यक है कि पर्याप्त वर्षा और पर्याप्त गर्मी का समय एक ही हो।

शीतल आर्द्र जलवायु के अन्तर्गत दो प्रकार की जलवायु सम्मिलित की गयी है : (1) आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु, और (2) उपध्रुवीय जलवायु। आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु विषुवतरेखीय भागों की ओर मिलती है और कृषि के लिए अधिक महत्वपूर्ण होती है। उपध्रुवीय जलवायु कृषि के लिए अधिक महत्वपूर्ण नहीं होती।

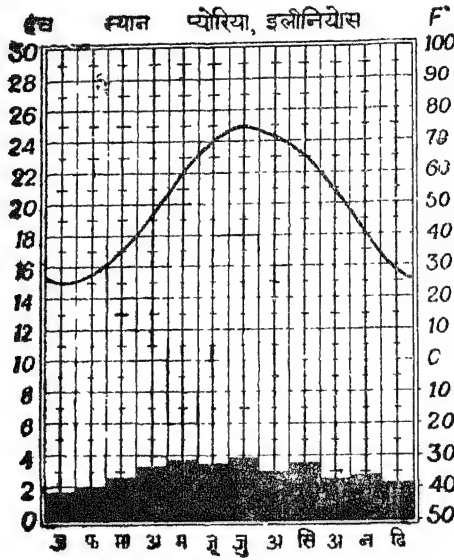
गरम ग्रीष्मऋतु वाली आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु (Humid Continental Climate with Warm Summer) [Da]

स्थिति—गरम ग्रीष्मऋतु वाली आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु को कभी-कभी **मक्का की पट्टी की जलवायु** (Corn Belt Climate) भी कहा जाता है, क्योंकि संसार की अधिकांश मक्का की व्यापारिक फसल इसी जलवायु में पैदा होती है। कभी-कभी इस जलवायु को **ओक-हिकोरी जलवायु** (Oak-hickory Climate) भी कह देते हैं, क्योंकि यह जलवायु प्रदेश कठोर लकड़ी के वनों के प्रदेश से मिलता है।

यह जलवायु आर्द्र महाद्वीपीय का दक्षिणी भाग है। दक्षिण की ओर स्थिर होने से ही यहाँ ग्रीष्मऋतु गरम रहती है। अपनी अक्षांशीय स्थिति के कारण यह जलवायु बहुत कम कठोर होती है और शीतल आर्द्र जलवायु वाले भागों में यह सबसे अधिक उत्पादक होती है।

इस जलवायु के अन्तर्गत संयुक्त राज्य अमरीका की मक्का की पट्टी (जिसमें कन्सास, निब्रास्का, आइवा, मिसौरी, इलीनियोस, दक्षिणी विस्कनसिन, मिशीगन, इण्डियाना, ओहियो, पेन्सिलवेनिया, दक्षिणी न्यूयार्क और इंग्लैण्ड से मरीलैण्ड तक के राज्य सम्मिलित हैं); यूरोप में डेन्यूब बेसिन, बाल्कन राज्य और इटली में पो घाटी; एशिया में उत्तरी चीन, मध्य और दक्षिणी मंचूरिया, कोरिया तथा जापान का मुख्य द्वीप सम्मिलित हैं।

तापमान—यहाँ ग्रीष्मऋतु काफी लम्बी और गरम होती है। अमरीका की मक्का की पेटी में जुलाई का औसत तापमान 75° और 77° के आसपास रहता है। ग्रीष्मऋतु न केवल गरम ही होती है, साथ ही आर्द्र भी होती है। इस कारण ग्रीष्म के महीने बड़े ही उमस वाले और कष्टदायक होते हैं। मक्का की पेटी के मध्य उरबाना



चित्र 152

का विशेष मूल्य नहीं है, क्योंकि इनके दोनों ओर तापमान की विपरीत अवस्थाएँ पायी जाती हैं। उत्तर में ध्रुवीय और दक्षिण में उष्ण वायु-राशियों के कारण यहाँ तापमान में बड़ा भारी विभेद उत्पन्न हो सकता है।

गरम ग्रीष्मऋतु वाली शीतल आर्द्र जलवायु प्रदेश के जलवायु अंक

पोरिया

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	24	28	40	51	62	71	75	73
वर्षा	1.8	2.0	2.7	3.3	3.9	3.8	3.8	3.2
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	65	53	39	28	51	52		
वर्षा	3.8	2.4	2.4	2.0	34.9	—		

बुखारेस्ट

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	26	29	40	52	61	68	73	71
वर्षा	1.2	1.1	1.7	2.0	2.5	3.3	2.8	1.9
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	64	54	41	30	51	48		
वर्षा	1.5	1.5	1.9	1.7	23.0	—		

वर्षा—इन प्रदेशों में वर्षा की मात्रा कम रहती है। उत्तरी चीन के मैदान, डेन्यूब के निम्न प्रदेश तथा संयुक्त राज्य अमरीका में मक्का की पेटी का पश्चिमी भाग सब उप-आर्द्र क्षेत्र है।

होते हैं। मक्का की पेटी के मध्य उरबाना (Urbana) का जुलाई का औसत तापमान 76° होता है। यहाँ अधिकतम औसत दैनिक तापमान 86° और उच्चतम तापमान 108° होता है। इसी जलवायु के अन्तर्गत यूरोप में जुलाई का औसत तापमान इतना ऊँचा नहीं रहता। यहाँ सामान्यतः तापमान 75° से नीचे रहता है।

जाड़े की ऋतु अपेक्षाकृत ठण्डी होती है। जाड़ों की ऋतु में बीच-बीच में वर्षा भी हो जाती है। उरबाना में ज.वरी का औसत तापमान 27° रहता है। यहाँ न्यूनतम दैनिक तापमान का औसत 18° रहता है। जनवरी मास का औसत तापमान सेण्ट लुइस में 32° , बुखारेस्ट में 27° और पीपिंग में 24° रहता है। जाड़े के तापमान में मासिक औसत तापमान

इसलिए यहाँ प्राकृतिक वनस्पति के रूप में केवल घास ही होती है। इस जलवायु प्रदेश में केवल उत्तरी जापान, कोरिया और संयुक्त राज्य अमरीका का मध्यवर्ती और पूर्वी भाग ही ऐसा है जहाँ 30 इंच से अधिक वर्षा होती है। इस प्रदेश में वर्षा की अधिकांश मात्रा ग्रीष्मऋतु में प्राप्त होती है। अधिकतर वर्षा संवहनीय होती है। उष्ण ग्रीष्मऋतु में सूर्य की प्रखर किरणों और गर्मी के साथ-साथ प्रचुर वर्षा होती है जो मक्का की फसल के लिए आदर्श होती है। यहाँ झंझावात भी खूब आते हैं। मक्का की पंटी में वर्ष में 40 से 60 तक झंझावात आते हैं।

जाड़ों में वर्षा की मात्रा प्रायः ग्रीष्मऋतु से कम रहती है। केवल जापान, कोरिया, मध्य यूरोप के कुछ भागों और पूर्वी तथा मध्य संयुक्त राज्य अमरीका ही जाड़ों में आर्द्र कहे जा सकते हैं। जाड़ों की कुछ वर्षा हिम के रूप में गिरती है। मक्का की पंटी में वर्ष में 20 से 40 दिन हिम गिरती है जिसकी मात्रा 10 से 40 इंच तक होती है।

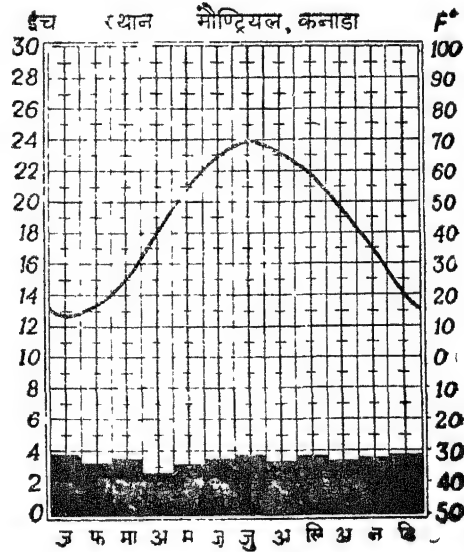
शीतल ग्रीष्मऋतु वाली आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु

(Humid Continental Climate with Cool Summers) [Db]

स्थिति—यह जलवायु आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु की उष्ण ग्रीष्मऋतु के प्रकार की उत्तर की ओर उपध्रुवीय जलवायु से लगी हुई है। कभी-कभी इसको बसन्तकालीन गेहूँ की पंटी की जलवायु भी कहते हैं। इस जलवायु का विस्तार उत्तरी अमरीका में 100° पूर्वी देशान्तर के पूर्व की ओर संयुक्त राज्य अमरीका के उत्तरी राज्यों एवं कनाडा के दक्षिणी राज्यों में मिलता है। यूरेशिया में इसके अन्तर्गत 50° से 60° अक्षांशों के बीच पूर्वी जर्मनी, पोलैण्ड व रूस के मध्यवर्ती मैदान का अधिकांश भाग आता है। यूराल से आगे इसका विस्तार साइबेरिया में 55° अक्षांश के समीप एक सकीर्ण पट्टी के रूप में पाया जाता है। उत्तरी-पूर्वी एशिया में उत्तरी मंचूरिया, दक्षिणी-पूर्वी साइबेरिया और जापान का होकेडो द्वीप सम्मिलित है।

तापमान—ये प्रदेश अधिक ऊँचे अक्षांशों में स्थित होने के कारण बहुत ठण्डे रहते हैं। यहाँ ग्रीष्मऋतु छोटी होती है। जुलाई का औसत तापमान 70° के आसपास रहता है। तापमान का यह औसत सेप्टेम्बर में 72° , मोण्ट्रियल में 69° और मास्को में 66° रहता है। सेप्टेम्बर और विनीपेग में ग्रीष्मकाल 5 महीने का ही होता है। पाला काफी जल्दी प्रारम्भ हो जाता है और बहुत समय तक रहता है। इसलिए उगने वाला काल यहाँ केवल 3 से 5 महीने का ही होता है। छोटी और शीतल ग्रीष्मऋतु की पूर्ति यहाँ लम्बे दिनों से हो जाती है। ग्रीष्मऋतु में दैनिक उच्चतम तापमान 90° से ऊपर नहीं जाता।

शीतऋतु यहाँ की प्रमुख ऋतु है। जाड़ों में जनवरी का औसत तापमान बर्नोल में -2° , हाबिन में -2° , मोण्ट्रियल में 13° और वासा में 26° रहता है। किन्तु यहाँ वर्ष-प्रतिवर्ष जाड़े की ऋतु में बड़ा विभेद देखा जाता है। चक्रवातों एवं प्रति-चक्रवातों के प्रभाव के कारण यहाँ तापमान में अचानक परिवर्तन होते रहते हैं। कभी-कभी 24 घण्टों में 40° का



चित्र 153

अन्तर हो जाता है। यहाँ तापमान में यह अन्तर ध्रुवीय एवं उष्ण कटिबन्धीय वायु-राशियों के अग्रसर होने तथा पीछे हटने से सम्बन्धित है।

**शीतल ग्रीष्मऋतु वाली आर्द्र महाद्वीपीय जलवायु के प्रतिनिधि स्थानों के जलवायु अंक
मोण्ट्रियल (कनाडा)**

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	13	15	25	41	55	65	69	67
वर्षा	3.7	3.2	3.7	2.4	3.1	3.5	3.8	3.4
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	59	47	33	19	42	56		
वर्षा	3.5	3.3	3.4	3.7	41	—		

हारबिन (मंचूरिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	—2	5	24	42	56	66	72	69
वर्षा	0.1	0.2	0.4	0.9	1.7	3.8	4.5	4.1
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	58	40	21	3	38	74		
वर्षा	1.8	1.3	0.3	0.2	19.3	—		

वर्षा—इस जलवायु के सम्बन्ध में वर्षा की कोई निश्चित मात्रा बताना कठिन है। उत्तरी अमरीका के भीतरी भाग, साइबेरिया और मंचूरिया में साधारणतः 20 से 30 इंच वर्षा होती है। पूर्वी कनाडा, पूर्वी संयुक्त राज्य अमरीका और यूरोप के शीतल ग्रीष्मऋतु वाले प्रदेश के पश्चिमी भाग अधिक आर्द्र रहते हैं। ऊपर बताये गये कम आर्द्र भागों में जाड़े की ऋतु शुष्क नहीं होती। कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका के पूर्वी भागों में जाड़ों में उतनी ही वर्षा होती है जितनी ग्रीष्मऋतु में होती है।

जाड़ों में तापमान की कमी के कारण वर्षा हिमपात के रूप में होती है। उत्तरी मिनीसोटा में 60 से 80 दिन हिमवर्षा होती है। वर्षा की मात्रा 40 से 60 इंच तक होती है। इस जलवायु के भीतरी शुष्क भागों में हिम की मात्रा कम रहती है, परन्तु कम तापमान होने से भूमि काफी लम्बे समय तक बर्फ से ढकी रहती है।

**टैगा अथवा उपध्रुवीय जलवायु
(Taiga or Sub-arctic Climates) [Dc, Dd]**

स्थिति—शीतल आर्द्र जलवायु वाले भागों में यह जलवायु सबसे विषम है। यहाँ वार्षिक तापान्तर सर्वाधिक रहते हैं। यह जलवायु स्टेप प्रदेशों के उत्तर में 50° से 70° अक्षांशों के बीच पायी जाती है। इसकी उत्तरी सीमा जुलाई की 50° समताप रेखा बनाती है। यह समताप रेखा ध्रुवों की ओर वृक्षों के उगने की अन्तिम सीमा है। इस प्रकार ध्रुवों की ओर ये प्रदेश टुण्ड्रा के साथ मिल जाते हैं।

इस जलवायु प्रदेश का विस्तार केवल उत्तरी गोलार्द्ध में ही है। दक्षिणी गोलार्द्ध में इन अक्षांशों में स्थल भाग नहीं है, अतः वहाँ इनका पूर्ण अभाव है। उत्तरी गोलार्द्ध में इसका विस्तार उत्तरी अमरीका तथा यूरेशिया में एक लम्बी सँकरी पट्टी के रूप में देखा जाता है। यूरेशिया में

इसका विस्तार सर्वाधिक है। यहाँ ये प्रदेश स्वीडन और फिनलैंड में लेकर समस्त महाद्वीप में साइबेरिया के पूर्वी तट है। उस प्रदेश की मुख्य विशेषता कोणधारी वन हैं जिनको यूरेशिया में 'टैगा' कहा जाता है।

तापमान—इस जलवायु की मुख्य विशेषता लम्बी कठोर जाड़ों की ऋतु, बहुत छोटी ग्रीष्मऋतु और छोटी बरफ़ और पतझड़ की ऋतुएँ हैं। चूँकि 50° सप्ततप रेखा इसकी उत्तरी सीमा को निश्चित करती है अतः यहाँ कम से कम एक महीने का औसत तापमान 50° या इससे अधिक अवश्य होना चाहिए। लगभग 62° उत्तरी अक्षांश के समीप साइबेरिया में याकूटस्क का जुलाई का औसत तापमान 66° रहता है जो कि उसी महीने के लन्दन अथवा बर्लिन के तापमान से अधिक होता है। याकूटस्क में जुलाई का दैनिक उच्चतम तापमान साधारणतः 80° और कभी-कभी 90° तक पहुँच जाता है। यहाँ जून और अगस्त का औसत तापमान क्रमशः 59° और 59.5° रहता है। इस प्रकार याकूटस्क में तीन महीने तापमान 50° में ऊपर रहता है। यहाँ जुलाई का उच्चतम दैनिक औसत 74° और न्यूनतम दैनिक औसत 46° रहता है। इन प्रदेशों में ग्रीष्म का औसत तापमान 50° से 60° के बीच रहता है। यहाँ ग्रीष्मकालीन दिन मुहाने गरम होते हैं, यदाकदा काफी गरम भी हो जाते हैं।

इन प्रदेशों में यद्यपि ग्रीष्मऋतु छोटी और अधिक गरम नहीं होती अपितु यहाँ दिन काफी बड़े होते हैं। इस प्रकार सूर्य की प्रखरता और गर्मी के अभाव में दिन की अधिक लम्बाई उसकी कुछ अंशों में पूर्ति कर देती है। 55° अक्षांश पर जून में दिन 17 घण्टे, 60° अक्षांश पर लगभग 19 घण्टे और 65° अक्षांश पर लगभग 22 घण्टे लम्बे होते हैं। ग्रीष्म में दिन की अपेक्षा रात्रि छोटी होती है, परन्तु ग्रीष्मऋतु की अवधि छोटी होने से यहाँ उगने वाला काल (growing season) बहुत ही छोटा होता है। कनाडा की मैकेन्जी घाटी में उगने का काल 50 से 75 दिन लम्बा होता है। उगने वाले काल की छोटी अवधि और शीतलता उपध्रुवीय प्रदेशों में कृषि के विकास में बहुत बड़ी बाधा है। इसके अतिरिक्त ये प्रदेश वर्ष में बहुत ही कम महीने पाले में मुक्त रहते हैं।

टैगा अथवा उपध्रुवीय जलवायु के प्रतिनिधि स्थानों के जलवायु अंक

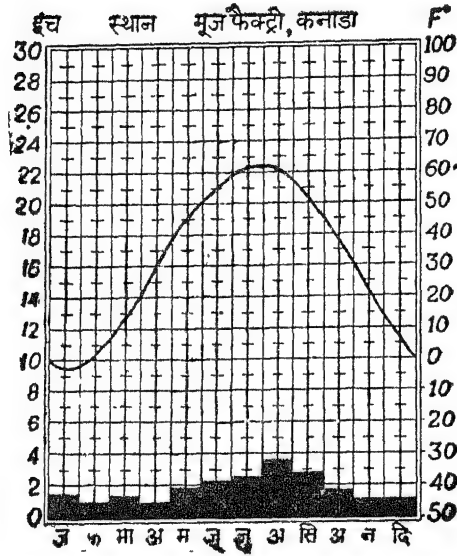
सूजफैक्ट्री (कनाडा)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	—4	—2	10	28	42	54	61	59
वर्षा	1.3	0.9	1.1	1.0	1.8	2.2	2.4	3.3
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	51	39	22	5	30	66		
वर्षा	2.9	1.8	1.1	1.1	21.0	—		

याकूटस्क (साइबेरिया)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	—46	—35	—10	16	41	59	66	60
वर्षा	0.9	0.2	0.4	0.6	1.1	2.1	1.7	2.6
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	42	16	—21	—41	21	112		
वर्षा	1.2	1.4	0.6	0.9	13.7	—		

जाड़े की ऋतु काफी लम्बी और भयानक रूप से ठण्डी होती है। साइबेरिया में बर्खोयान्स्क



चित्र 154

अक्षांश पर सूर्य की किरणे केवल 3.3 घण्टे को ही प्राप्त होती है। ये लम्बे अन्धकारमय दिन न केवल कष्टदायक ही होते हैं वरन् जाड़े में कम तापमान होने का बहुत कुछ कारण भी ये ही होते हैं। बसन्त के समान पतझड़ ऋतु भी यहाँ नगण्य-सी होती है।

वर्षा—टैगा प्रदेशों में वर्षा प्रायः बहुत कम होती है। साइबेरिया के अधिकांश भागों में वर्षा 15 इंच से भी कम होती है। कनाडा के अधिकांश भागों का औसत 20 इंच से कम रहता है। उत्तरी अमरीका और यूरेशिया दोनों महाद्वीपों के समुद्रतटीय क्षेत्रों में वर्षा 20 इंच से अधिक होती है। मध्य अक्षांशों के अधिकांश जलवायु प्रदेशों में वर्षा की यह मात्रा अर्द्ध-शुष्क जलवायु की सूचक होगी परन्तु जहाँ तापमान इतने कम रहते हों, वाष्पीकरण की गति मन्द हो और भूमि साल के अधिकांश भाग में बर्फ से जमी रहती हो, वर्षा की यह मात्रा वनों के उगने के लिए पर्याप्त होती है।

यहाँ वर्षा की अधिकांश मात्रा गर्मियों में प्राप्त होती है। याकूटस्क में कुल वर्षा 13.7 इंच होती है। यहाँ अगस्त सबसे आर्द्र महीना होता है और फरवरी सबसे शुष्क। अगस्त में वर्षा का औसत 2.6 इंच और फरवरी में 0.2 इंच रहता है। पूर्वी मध्य साइबेरिया में जाड़े के तीन महीनों में केवल 10 प्रतिशत और ग्रीष्म के तीन महीनों में केवल 58 प्रतिशत वर्षा प्राप्त होती है। यहाँ जाड़ों में हिमवर्षा के अतिरिक्त और कोई वर्षा नहीं होती। मैदानी भागों में जाड़ों में चक्रवातों से कुछ वर्षा हो जाती है। यहाँ वर्षा शुष्क व कठोर बर्फ के रूप में होती है। ग्रीष्मऋतु में होने वाली वर्षा अधिकांशतः वाताग्रों (fronts) से सम्बन्धित होती है। इस प्रदेश में झंझावात कम आते हैं।

ध्रुवीय जलवायु (Polar Climates) [E]

स्थिति—सामान्यतः ध्रुवीय जलवायु ऊँचे अक्षांशों तक सीमित पायी जाती है। लगभग इसी प्रकार की अवस्थाएँ विभिन्न अक्षांशों में बहुत अधिक ऊँचाई पर भी पायी जाती हैं। ये

का जनवरी का औसत तापमान हिमांक में भी 59° नीचे रहता है। याकूटस्क में जनवरी का औसत —46° होता है। इस प्रकार याकूटस्क का वार्षिक तापान्तर 112° रहता है। यहाँ सात महीने तक तापमान हिमांक से भी नीचे रहते हैं और पाँच महीने तक तापमान शून्य से कम रहते हैं।

जाड़े की ऋतु साइबेरिया में भयानक रूप से ठण्डी होती है। यहाँ प्रत्येक वस्तु जमकर कठोर हो जाती है। कनाडा में अपेक्षाकृत कम ठण्ड पड़ती है। बहुत लम्बी और ठण्डी जाड़े की ऋतु के कारण इन प्रदेशों के अधिकांश भाग स्थायी रूप से जमे रहते हैं। जाड़े में रातें बहुत लम्बी होती हैं। 21 दिसम्बर को 60° उत्तरी अक्षांश में केवल 5.7 घण्टे को सूर्य चमकता है और 65°

दुष्प्रा प्रदेश में यद्यपि ग्रीष्म के तापमान सब जगह एक जैसे रहते हैं परन्तु जाड़ों के तापमान में बड़ा अन्तर पाया जाता है। जैसे साइबेरिया के उत्तरी तट पर जनवरी व फरवरी के तापमान -35° से -40° के आसपास रहते हैं जबकि उत्तरी अमरीका में कनाडा के पोण्ड्स इनलेट में जनवरी का औसत -28° और लेब्रेडोर तट पर जनवरी का औसत -8° तक देखा जाता है।

उपरनिवृत्त (पश्चिमी ग्रीनलैण्ड)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	—7	—10	—6	6	25	35	41	41
वर्षा	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	1.1
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वाधिक	तापान्तर		
तापमान	33	25	14	1	16	61		
वर्षा	1.0	1.1	1.1	0.5	9.2	—		

ध्रुवीय हिमाच्छादित जलवायु (Ice-cap Climates) [EF]

तापमान—ये प्रदेश संसार के सबसे ठण्डे स्थान है। यहाँ साल भर बहुत नीचा तापमान है। तापमान सदैव हिमांक बिन्दु से नीचा रहता है। ग्रीनलैण्ड के भीतरी भागों का वार्षिक तापमान -26° , दक्षिणी ध्रुव का -22° और उत्तरी ध्रुव का -9° रहता है। दक्षिणी ग्रीष्म का औसत तापमान -9° (दिसम्बर में) और -19° (जनवरी में) रहता है। टिका महाद्वीप पर ग्रीष्म का -58° तापमान नापा गया है।

ध्रुवीय हिमाच्छादित जलवायु के प्रतिनिधि स्थान का तापमान और वर्षा

लिटल अमरीका (अष्टार्कटिका)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	22	(9)	(-7)	-24	-27	-29	-34	-34
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०		वार्षिक	तापांतर	
तापमान	-29	-14	9	24		-11·3	58	
वर्षा	ऑक्डे अप्राप्त							

वर्षा—इन भागों में वर्षा बिलकुल नहीं होती। जो कुछ वर्षा यहाँ होती है वह हिम के रूप में होती है। इस प्रदेश में प्रति-चक्रवात अधिक चला करते हैं। यद्यपि यहाँ हिम के निक्षेप की गति बहुत धीमी होती है परन्तु चूँकि यह निरन्तर होती रहती है, इसलिए हिम की कुल मात्रा बहुत अधिक हो जाती है।

उच्च प्रदेश की जलवायु (Highland Climates) [H]

जल और स्थल के वितरण के बाद समुद्र-तल से ऊँचाई ही जलवायु को प्रभावित करने वाला सबसे महत्वपूर्ण कारण है। समान अक्षांशों में स्थित विभिन्न भागों की जलवायु में ऊँचाई के कारण बड़ा अन्तर पड़ जाता है। जलवायु पर पर्वतों और पठारों जैसे ऊँचे भू-भागों का दो प्रकार से प्रभाव होता है—(1) ऊँचाई, और (2) सूर्य तथा पवन सापेक्ष स्थिति। वस्तुतः सवाना अथवा भूमध्यसागरीय जलवायु के समान उच्च प्रदेशीय जैसी कोई अलग से जलवायु नहीं है। अलग-अलग पर्वतों और पठारों पर भिन्न-भिन्न परिस्थितियों के अनुसार विभिन्न प्रकार की जलवायु देखी जा सकती है।

तापमान—ऊँचे पर्वतों एवं पठारी भागों पर वायु के स्वच्छ, शुष्क और पतली होने से सूर्य का प्रकाश बड़ा तीव्र होता है। अतः उच्च भागों में सूर्याभिताप न केवल अधिक ही प्राप्त होता है, अपितु वहाँ परा-बैंगनी एवं बैंगनी किरणों का प्रभाव भी अधिक रहता है। सूक्ष्म लहरों के रूप में प्राप्त होने वाले (परा-बैंगनी एवं बैंगनी किरणों के द्वारा) इस सूर्याभिताप का चिकित्सा सम्बन्धी बड़ा मूल्य है। ऊँचे भागों में कई जगह आरोग्य आश्रम (Sanatoriums) स्थापित करने के पीछे परा-बैंगनी किरणों का चिकित्सा गुण ही सबसे बड़ा कारण है।

ऊँचाई का सबसे बड़ा प्रभाव तापमान पर होता है। प्रति 1000 फुट की ऊँचाई पर 3.3° फा० तापमान गिर जाता है। समुद्र-तल से 9350 फुट की ऊँचाई पर स्थित क्वीटो नगर का वार्षिक औसत तापमान 55° रहता है जो समीपवर्ती अमेजन बेसिन के भागों में 25° नीचा होता है। ऊँचे भागों में निम्न रहने के कारण यह कहावत प्रसिद्ध हो गयी है कि उष्ण कटिबन्धीय पर्वतों पर सदैव बसन्त ऋतु छाया रहती है।

उष्ण कटिबन्धीय भागों में यद्यपि पर्वतों पर तापमान समीपीय मैदानों से कम रहता है परन्तु दोनों जगह मासिक एवं दैनिक तापमान लगभग समान रहते हैं। यहाँ मैदानों और पर्वतों पर मौसमी तापान्तर बहुत कम रहता है। उदाहरणतः क्वीटो का मौसमी तापान्तर 0.7° रहता है जो कि उन्हीं अक्षांशों में स्थित अमेजन बेसिन से भी कम होता है। उष्ण कटिबन्ध में पर्वत और पठार मैदानों की अपेक्षा तापमान की न्यूनता के कारण मानव आवास की दृष्टि से अधिक अनुकूल समझे जाते हैं परन्तु शीतोष्ण कटिबन्ध में उनकी यही विशेषता प्रतिकूल सिद्ध होती है।

ऊँचे पर्वतीय भागों में समीपवर्ती निम्न प्रदेशों की अपेक्षा भारी वर्षा होती है। इसलिए वर्षा के मानचित्रों पर पर्वत भारी वर्षा के 'द्वीपों' के समान प्रतीत होते हैं। किन्तु वर्षा की मात्रा 6000 फुट की ऊँचाई के पश्चात् घटने लगती है। उदाहरणार्थ, लेह में केवल 2 इंच वर्षा होती है। हिम-रेखा के ऊपर का क्षेत्र सामान्यतः हिमयुक्त रहता है।

उच्च प्रदेशीय जलवायु के प्रतिनिधि स्थान का तापान्तर व वर्षा क्वीटो (इक्वेडोर)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	54.5	55.0	54.5	54.5	54.7	55.0	54.9	54.9
वर्षा	3.2	3.9	4.8	7.0	4.6	1.5	1.1	2.2
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	55.0	54.7	54.3	54.7	54.7	0.7		
वर्षा	2.6	3.9	4.0	3.6	42.3	—		

लोसपीक (कोलोरेडो) (मध्य अक्षांश)

	जन०	फर०	मार्च	अप्रैल	मई	जून	जुलाई	अगस्त
तापमान	23	22	26	33	41	51	55	55
वर्षा	0.7	1.2	2.0	2.7	2.4	1.6	3.6	2.2
	सित०	अक्टू०	नव०	दिस०	वार्षिक	तापान्तर		
तापमान	48	39	31	24	37	33		
वर्षा	1.7	1.7	0.9	0.9	21.6	—		

हवाएँ—खुले पर्वतीय ढालों पर प्रायः हवा बड़ी तीव्र होती है। पर्वतीय घाटियाँ तीव्र हवाओं से सुरक्षित रहती हैं। विभिन्न प्रकार की स्थलाकृतियों के कारण ऐसे उच्च भागों में कई प्रकार की स्थानीय हवाएँ पायी जाती हैं; जैसे चिनूक, फोह्न, मिस्ट्रल व बोरा आदि। इन हवाओं का समीपवर्ती मैदानों की जलवायु पर बड़ा प्रभाव पड़ता है।

16

जलवायु और मौसम

(CLIMATE AND WEATHER)

किसी भी स्थान और समय की वायु दशा मुख्यतः वहाँ के तापमान, वायुदाब, आर्द्रता, वर्षा व हवाओं द्वारा प्रकट की जाती है। ये सब जलवायु और मौसम के तत्त्व (elements) कहलाते हैं, क्योंकि इनके आधार पर ही विभिन्न प्रकार के मौसम और जलवायु बनती है।

मौसम

वायु परिवर्तनशील और अस्थिर (unstable) होती है। सूर्य और पृथ्वी इसको कई प्रकार से प्रभावित करते हैं। अतः वायु की भौतिक अवस्थाएँ और पृथ्वी पर उसका वितरण निरन्तर बदलता रहता है। **फिन्च** एवं **ट्रिवार्थ** के अनुसार थोड़े समय के लिए किसी स्थान की वायुमण्डलीय अवस्थाओं—तापमान, वायुदाब, आर्द्रता और हवाओं—का कुल योग ही वहाँ का मौसम होता है। दूसरे शब्दों में, वायु की प्रतिक्षण बदलने वाली भौतिक दशाओं को ही मौसम कहा जाता है। हम देखते हैं कि कभी वर्षा होती है और कभी आकाश बिलकुल निर्मल रहता है। कभी वायु गरम और कभी ठण्डी होती है। कभी वायु वेग से और कभी धीमे चलती है। कहने का तात्पर्य यह है कि मौसम कभी एकसा नहीं रहता। वह प्रतिदिन, प्रति सप्ताह और प्रति मास बदलता रहता है। संक्षेप में, वायुमण्डल की क्षणिक अवस्थाओं का नाम ही मौसम है। **हारबिच** तथा **आस्टीन** के अनुसार, किसी स्थान के किसी समय विशेष के समस्त वायुमण्डलीय परिवर्तन—जैसे तापमान, वायुदाब, हवा, आर्द्रता, वर्षा और आकाश की दशा—का योग मौसम कहलाता है।

जलवायु

कई कारणों से एक प्रमुख स्थान का मौसम प्रायः कैसा रहता है, यह जानना अधिक महत्वपूर्ण है, अपेक्षाकृत इसके कि उसका दैनिक मौसम कैसे रहा? दूसरे शब्दों में, हम यह जानना चाहते हैं कि वायुमण्डल की औसत अवस्था क्या है? ग्रीष्मऋतु कैसी गरम रहती है, जाड़ो में कैसी ठण्ड गिरती है और वर्ष भर में कितनी वर्षा तथा हिमपात आदि होता है। इस प्रकार हम प्रायः एक स्थान के मौसम की अपेक्षा जलवायु में विशेष रुचि रखते हैं। किसी समय विशेष के मौसम को बनाने वाले कई तत्त्व होते हैं जिनका वर्णन हम ऊपर कर चुके हैं। किन्तु जलवायु के अन्तर्गत निरन्तर बदलती हुई मौसम की अवस्थाओं का मिश्रण होता है। अतः कई सप्ताह, महीने और वर्ष भर के मौसम की अलग-अलग अवस्थाओं को जोड़कर औसत निकालने और इस औसत को कई वर्षों के औसत से जोड़ने पर स्थायी जलवायु ज्ञात होती है। प्रायः किसी स्थान की जलवायु को समुचित रूप से पहचानने के लिए न्यूनतम 30 वर्षों की अवधि आवश्यक मानी

गयी है। इस प्रकार जलवायु में वस्तुतः एक विरत क्षेत्र में काफी लम्बे समय की वायुमण्डल की अवस्थाओं का विवरण होता है। दूसरे शब्दों में, वायुमण्डल की स्थायी औसत अवस्थाओं का नाम ही जलवायु है। क्लाइम का कहना है कि वस्तुतः जलवायु का कोई भी चित्र तब तक सही नहीं हो सकता जब तक कि वह नित्य-प्रति बदलने वाले मौसम और ऋतु-परिवर्तन के उन तमाम रंगों में नहीं बताया जाता जो कि उसके प्रमुख लक्षण (features) हैं।¹ ससार के कुछ भागों में जलवायु को औसत रूप में बताना कठिन होता है। जैसे कभी-कभी यह कहा जाता है कि ब्रिटिश द्वीपसमूह में जलवायु की अपेक्षा मौसम ही होता है। इसके विपरीत, विषुवतरेखीय जलवायु का वर्णन वर्ष के किसी भी दिन के लिए बिल्कुल सही उतरेगा। अतः क्लाइम एवं द्विवार्था का कहना है कि जलवायु मौसम का कोई औसत नहीं है। वस्तुतः जलवायु विभिन्न दिन-प्रतिदिन के मौसम की अवस्थाओं का सामान्यीकरण (generalisation) है।

जलवायु और मौसम को निर्धारित करने वाले तत्त्व

मौसम परिवर्तनशील है। दिन-प्रतिदिन मौसम बदलता रहता है। जलवायु भी प्रत्येक स्थान पर एकसी नहीं रहती। इसका कारण वे सब तत्त्व हैं जो कि जलवायु और मौसम को बनाते हैं। जलवायु और मौसम के ये तत्त्व समय-समय और स्थान-स्थान पर तथा अपने परिमाण और तीव्रता में बदलते रहते हैं। इसी कारण किसी स्थान की जलवायु और किसी समय के मौसम में अन्तर पड़ता है। किन्तु इनमें परिवर्तन होने के कई कारण हैं। प्रकृति के कुछ विशेष नियम वायु के इन गुण-धर्मों को बदलने में अपना प्रभाव डालते हैं, जिससे मौसम की स्थायी औसत अवस्थाओं में भी परिवर्तन उपस्थित हो जाता है। जलवायु और मौसम को निर्धारित करने वाले मुख्य भौतिक अवयव इस प्रकार हैं

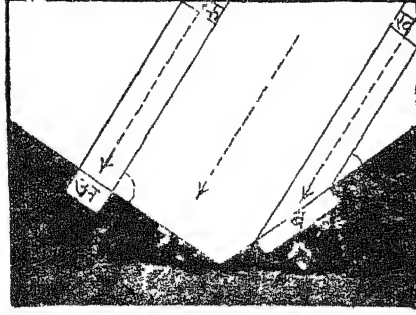
(1) अक्षांश—धरातल पर तापमान का वितरण सदा अक्षांश के अनुसार होता है। क्योंकि धरातल पर पहुँचने वाली सूर्य की किरणों का कोण (angle) अक्षांश के अनुसार बदलता जाता है। इस तरह अक्षांश रेखाएँ सूर्य की किरणों के रुख तथा गिरने की दशा को निर्धारित करके जलवायु पर नियन्त्रण करती हैं। सूर्य की तिरछी किरणें धरातल के अधिक भाग पर गिरती हैं। फलतः उनको धरातल के अधिक क्षेत्र को गरम करना पड़ता है। इसकी अपेक्षा सूर्य की लम्बवत किरणें थोड़े भाग पर गिरती हैं अतः तीव्र होती हैं। सूर्य की सबसे अधिक सीधी किरणें भूमध्य रेखा पर गिरती हैं। भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर सूर्य की किरणों का झुकाव बराबर बढ़ता जाता है। परिणामस्वरूप जितना ही ऊँचा अक्षांश होगा वहाँ सूर्य से प्राप्त गर्मी उतनी ही कम तीव्र होगी। अतः हम जैसे-जैसे विषुवतरेखा से दूर हटते जाते हैं, तापमान घटता जाता है और तापान्तर (Range of temperature) बढ़ता जाता है। संक्षेप में, सूर्य से मिलने वाला ताप भिन्न-भिन्न अक्षांशों पर भिन्न होता है। अक्षांश के अनुसार ही भिन्न-भिन्न स्थानों पर दिन छोटे-बड़े होते हैं और प्रकाश-घण्टों में अन्तर पड़ जाता है।

(2) समुद्र-तल से ऊँचाई—ऊँचाई का जलवायु पर भिन्न-भिन्न रूप से प्रभाव गिरता है। तापमान तथा वर्षा दोनों पर ऊँचाई का नियन्त्रण रहता है। यह एक प्रकट सत्य है कि समुद्र-तल ऊँचाई बढ़ने के साथ-साथ तापमान घटता जाता है, क्योंकि ज्यों-ज्यों ऊँचाई बढ़ती जाती है, वायु हल्की होती जाती है। इसके अतिरिक्त ऊँचाई के साथ तापमान घटने का यह भी कारण है कि ऊपर के दबाव के कारण नीचे की हवा ऊपर की हवा से अधिक घनी होती है जिससे उसमें ताप को ग्रहण करने की अधिक क्षमता होती है। सामान्यतः धरातल से प्रति 300 फुट की ऊँचाई पर 1° फा० तापमान कम हो जाता है। अतएव जो स्थान जितना ही ऊँचा होगा वह उतना ही ठण्डा

¹ W. G. Kendrew : *Climatology*, p. 12

भी रहेगा। इसी कारण भूमध्यरेखीय प्रदेशों में यद्यपि पर्वतशिखर बर्फ से ढके रहते हैं परन्तु उनकी तलहटी चारों ओर से गरम तथा नम जंगलों से घिरी हुई रहती है।

(3) **पर्वतों की दिशा**—पर्वतों की दिशा का हवाओं पर गहरा प्रभाव पड़ता है और हवाएँ बदले में तापमान को प्रभावित करती हैं। इस प्रकार पर्वतों का रुख परोक्ष रूप से तापमान को प्रभावित करता है। जैसे हिमालय पर्वत के दक्षिण की ओर के ढाल उत्तर की ठण्डी हवाओं के प्रकोप से अच्छे रहते हैं जिससे उसका तापमान उतना कम नहीं होता जितना कि उत्तर के ढाल का। इसी प्रकार सतपुड़ा की उच्च भूमि से नागपुर के मैदान तक का साधारण ढाल दक्षिण की ओर होने से यह क्षेत्र सूर्य द्वारा बहुत अधिक गरम हो जाता है। परन्तु इसके विपरीत पश्चिमी घाट के खड़े ढाल जिनकी दिशा पश्चिम में समुद्र की ओर है बहुत ही कम गरम रहते हैं। इसके अतिरिक्त कभी-कभी पर्वत भाप से लदी हवाओं को रोककर वर्षा के कारण बनते हैं। इस प्रकार पर्वतों का जलवायु पर गहरा प्रभाव देखा जाता है।



चित्र 156—पर्वतों की दिशा

(4) **समुद्र से दूरी**—स्थल की अपेक्षा जल देर से गरम होता है और देर से ही ठण्डा। इसका प्रभाव वहाँ के तापमान पर पड़ता है। गर्मी में समुद्र स्थल की अपेक्षा ठण्डा रहता है। अतः समुद्र से चलने वाली हवाएँ स्थल के तापमान को घटा देती हैं। जाड़ों में समुद्र स्थल की अपेक्षा गरम रहता है। इसीलिए समुद्र से चलने वाली हवाएँ स्थल के तापमान को बढ़ा देती हैं। इस प्रकार समुद्रतट के समीप जलवायु समुद्री पवनों के प्रभाव से सम बना रहता है। परन्तु समुद्र से दूर स्थित स्थान समुद्री पवनों के प्रभाव से वंचित रहते हैं। अतः वहाँ की जलवायु विषम (extreme) होती है। जल के देरी से गरम होने के परिणामस्वरूप ही द्वीपों की जलवायु आश्चर्यजनक रूप से सम होती है। चारों ओर जल से घिरे रहने के कारण वहाँ वार्षिक तापान्तर भी बहुत कम रहता है। इस तरह न्यून वार्षिक तापान्तर समुद्री जलवायु की विशेषता है। ग्रेट ब्रिटेन, तस्मानिया और न्यूजीलैण्ड द्वीपों की जलवायु ऐसी ही है। परन्तु मास्को जैसे भीतरी स्थानों की जलवायु महाद्वीपीय होती है। हमारे देश में बम्बई और नागपुर लगभग समान अक्षांशों पर ही स्थित हैं। दोनों स्थानों के अक्षांशों में कुछ अंशों का ही अन्तर है। परन्तु समुद्रतट के ऊपर बम्बई के औसत तापमान 73° फा० और 83° फा० के बीच रहते हैं, जबकि नागपुर—जो कि प्रायद्वीप के मध्य में स्थित है—के औसत तापमान 73° फा० से 100° फा० के बीच रहते हैं।¹

(5) **धाराएँ**—समुद्र में चलने वाली गरम और ठण्डी धाराएँ अपने ऊपर चलने वाली हवाओं के तापमान को प्रभावित करती हैं। गरम धाराओं पर बहने वाली हवाएँ उष्ण तथा आर्द्र और ठण्डी धाराओं पर बहने वाली हवाएँ शीतल तथा शुष्क होती हैं। इसलिए जब ये हवाएँ किसी प्रदेश में चलती हैं तो वहाँ की जलवायु को अत्यधिक प्रभावित करती हैं। एक ही अक्षांशों में स्थित लैब्रेडोर और इंगलैण्ड के क्रमशः ठण्डे और गरम होने का यही कारण है। हमारे यहाँ कोंकण और मलाबार तट की उष्ण जलवायु अरब सागर से चलने वाली उत्तरी-पश्चिमी पवनों और दक्षिणी जलधारा के प्रभाव से शीतल हो जाती है परन्तु वर्षा ऋतु में उष्ण मानसून धाराओं का यहाँ विपरीत प्रभाव होता है। जिस समय भारत में दक्षिणी-पश्चिमी मानसून का प्रभाव होता है

1 C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 379

उस समय इटालियन सोमालीनैण्ड और पूर्वी अफ्रीका के तट पर हवाएँ स्थल से समुद्र की ओर चलती हैं। फलस्वरूप इनके तट पर एक ठण्डी धारा का जन्म होता है। इस ठण्डी धारा के प्रभाव से ये तट बहुत शीतल हो जाते हैं। अफ्रीका के तट पर इस ठण्डी धारा के कारण वहाँ अरब सागर का तापमान इतना नीचे चला जाता है कि वहाँ किसी प्रकार की प्रवाल रचना सम्भव नहीं होती। किन्तु मलाबार तट से दूर अरब सागर गरम रहता है अतः वहाँ प्रवाल रचनाएँ पायी जाती हैं। जैसे कि लकादीव (Laccadive) और मालदीव (Maldiv) द्वीपसमूहों की वलयाकार प्रवाल भित्तियाँ (Atoll) हैं। अतः अफ्रीका तट के समीप प्रवाल रचनाओं का अभाव और मलाबार तट के समीप प्रवाल भित्तियों का बाहुल्य जलधाराओं द्वारा ही स्पष्ट किया जा सकता है।¹

(6) हवाएँ—हवाओं की दिशा और उनका वेग बड़ी मात्रा में जलवायु को प्रभावित करता है। ठण्डे स्थानों से आने वाली हवाएँ तापमान को घटा देती हैं और उष्ण प्रदेशों से आने वाली हवाएँ तापमान को बढ़ा देती हैं। स्थल और जल से चलने वाली हवाओं का भी इसी प्रकार जलवायु पर प्रभाव होता है। जैसे सहारा में वर्ष के अधिकतर समय में चलने वाली हवाएँ जो कि यूरोप के उच्च अक्षांशों से आती हैं, बड़ी ठण्डी और शुष्क होती हैं। ये हवाएँ यहाँ के तापमान को भी नीचा कर देती हैं। इसी तरह प्रायद्वीपीय भारत में पश्चिमी और दक्षिणी-पश्चिमी पवनों जो कि अरब सागर को पार करके आती हैं, बड़ी गरम और तर हो जाती हैं। इन गरम और तर हवाओं के कारण हमारे देश के पश्चिमी तट पर मध्यम (mild) जलवायु रहती है। इसी प्रकार पूर्वी और उत्तरी-पूर्वी हवाएँ जो बंगाल की खाड़ी से होकर आती हैं, कोरोमण्डल तट पर नमी ले जाती हैं। इन हवाओं तथा नमी के कारण मद्रास राज्य में अक्टूबर से दिसम्बर तक बड़ा तर (wet) मौसम रहता है।

(7) वायु-विक्षोभ—वायुमण्डल में पैदा होने वाले तूफान, आंधी, मेघ और वर्षा आदि वायु-दशाओं में गहरा परिवर्तन कर देते हैं। इसका जलवायु पर अत्यधिक प्रभाव होता है।

ऊपर बताये गये मुख्य तथा अन्य कई गौण कारण विभिन्न रूपों और विभिन्न योगों में मिलकर कार्य करते रहते हैं, जिससे तापमान और वर्षा में परिवर्तन पैदा हो जाता है जो बदले में संसार के प्रत्येक भाग की जलवायु और मौसम को प्रभावित कर धरातल पर जलवायु की अनेक विभिन्नताएँ उत्पन्न कर देते हैं।

जलवायु का मानव-जीवन पर प्रभाव

हर्निंगटन के अनुसार मानव पर प्रभाव डालने वाले तत्वों में जलवायु का स्थान प्रथम है, यह इसलिए नहीं कि जलवायु सर्वाधिक महत्वपूर्ण है, अपितु यह सबसे अधिक मौलिक है। जलवायु का प्रभाव निस्सन्देह मानव की सभी क्रियाओं पर पड़ता है। वस्तुओं के उत्पादन, वितरण और व्यापार में जलवायु का नियन्त्रण स्पष्ट दृष्टिगोचर होता है। जलवायु खेती की प्रणालियों का सूत्रपात करती है। उद्योगों में श्रमिकों की कार्यक्षमता भी जलवायु द्वारा ही निर्धारित होती है। अतः यहाँ जलवायु के प्रभाव का विस्तृत विवेचन करना समीचीन होगा।

जलवायु और वनस्पति—किसी देश की प्राकृतिक वनस्पति न केवल भूमि के धरातल, मिट्टी के गुण आदि पर ही निर्भर रहती है, बल्कि वहाँ के तापमान और वर्षा का भी उस पर प्रभाव पड़ता है क्योंकि प्रत्येक पौधे के लिए वर्षा, गर्मी, प्रकाश और वायु की आवश्यकता पड़ती है। भूमध्यरेखीय प्रदेशों में निरन्तर तेज धूप, कड़ी गर्मी और अधिक वर्षा के कारण ऐसे वृक्ष पैदा होते हैं जिनकी पत्तियाँ घनी, ऊँचाई बहुत और लकड़ी कठोर होती है। इसके अतिरिक्त वृक्षों के नीचे झाड़ियों और घास का भी गहरा जाल-सा बिछा रहता है। किन्तु गरम रेगिस्तानों में कड़ी गर्मी

¹ Ibid : p. 383-84

पड़ने पर भी वर्षा के नितान्त अभाव में केवल ऐसी झाड़ियाँ पायी जाती हैं, जिनमें से उनकी वाष्प या नमी उड़ न सके। जैसे कुछ झाड़ियों में काँटे होते हैं तथा जड़े बहुत लम्बी होती हैं, कुछ के पत्ते मोटे और तनों पर बाल होते हैं। इन सब युक्तियों के कारण वे साल-भर हरी-भरी रहती हैं। सूडान और प्रेरी प्रदेशों में वर्षा की कमी के कारण केवल लम्बी-लम्बी घास तो उगती है किन्तु बड़े-बड़े वृक्षों का वहाँ अभाव-सा रहता है। इसके विपरीत ठण्डे प्रदेशों में कठोर सर्दियों पड़ने के कारण सदैव बर्फ जमी रहती है, इसलिए केवल काँटे अथवा छोटी-छोटी हल्की झाड़ियों के अतिरिक्त और कोई वृक्ष पैदा नहीं होता। यही कारण है कि यहाँ के निवासी लकड़ियों के दर्शन करने को भी तरसते हैं। मानसूनी जलवायु के प्रदेशों में जहाँ साल के आठ महीने सूखे बीतते हैं ऐसे वृक्ष पैदा होते हैं कि जिनकी पत्तियाँ गर्मी के आरम्भ में ही सूख जाती हैं। शीतोष्ण कटिबंधों में तीव्र सर्दियों के कारण कोमल लकड़ियों वाले ऐसे वृक्ष पैदा होते हैं जिनकी पत्तियाँ नुकीली होती हैं। ये वृक्ष बर्फ का भार आसानी से सह सकते हैं। अतः जिन भागों में वन पाये जाते हैं वहाँ के निवासियों का मुख्य व्यवसाय लकड़ी काटना होता है और साधारण वर्षा वाले भागों में कृषि और उससे सम्बन्धित उद्योगों का विकास होता है। आगे के चित्रों द्वारा स्पष्ट ज्ञात होगा कि जलवायु के अनुसार ही भूमण्डल पर वनस्पति के खण्ड पाये जाते हैं।

जलवायु और कृषि-कार्य—संसार के विभिन्न देशों में जलवायु की विभिन्नता के कारण खेती करने के तरीके भी भिन्न होते हैं। निम्न तापमान और शुष्कता के कारण पृथ्वी के लगभग 50% से भी अधिक भाग पर पशु-पालन, खाने खोदना अथवा लकड़ी काटने के अतिरिक्त खेती आदि नहीं की जा सकती। जिन देशों में पर्याप्त वर्षा (40" से अधिक) और उच्च तापमान पाये जाते हैं वहाँ खेती, सिंचाई की सहायता के बिना ही की जाती है। यह आर्द्र खेती कहलाती है। इस प्रकार की खेती के अन्तर्गत चावल, गन्ना, दाले आदि अधिक पैदा किये जाते हैं। भारत में बंगाल, बिहार, उड़ीसा और मद्रास के कुछ भागों तथा विश्व के अधिक वर्षा वाले भागों में इसी प्रकार की खेती की जाती है। संसार के अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों—संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी भागों, आस्ट्रेलिया, दक्षिणी अफ्रीका और पश्चिमी एशिया तथा पश्चिमी उत्तर प्रदेश, गुजरात, महाराष्ट्र आदि में वर्षा के अभाव के कारण फसले सूखी खेती की सहायता में की जाती हैं। इस प्रकार के ढंग से गेहूँ, जौ, चना आदि बोये जाते हैं। किन्तु इस ढंग की खेती बड़ी महँगी पड़ती है। उन प्रदेशों में जहाँ मिट्टी उपजाऊ होती है और वर्षा की कमी होती है वहाँ पानी के अभाव की पूर्ति सिंचाई के साधनों द्वारा की जाती है। इस प्रकार की निश्चित खेती के सहारे संयुक्त राज्य अमरीका, रूस, चीन, मिस्र, फारस और भारत में गेहूँ, चावल, गन्ना, कपास आदि फसले पैदा की जाती हैं।

जलवायु का सबसे अधिक प्रभाव खेती पर पड़ता है, क्योंकि सभी देशों में एकसी पैदावार उत्पन्न नहीं की जा सकती। किस देश में कौन-सी फसल पैदा की जायगी इसका निर्धारण तापमान और वर्षा करते हैं। यह ठीक है कि गेहूँ की पैदावार विश्व के सभी भागों में थोड़ी बहुत मात्रा में अवश्य की जा सकती है किन्तु यह कहा जा सकता है कि जिन देशों में तापमान 57° फा० से कम और वर्षा 10" से कम किन्तु 40" से अधिक होती है वहाँ इसकी पैदावार कम होती है। विभिन्न प्रकार की जलवायु वाले प्रदेशों में विभिन्न प्रकार की फसले पैदा की जा सकती हैं; जैसे उष्ण प्रदेशों में चावल, गन्ना, चाय, कॉफी, रबड़, महोगनी, सागौन, साल, गरम मसाले, सिनकोना, केले, अनन्नास, नारियल आदि खूब होते हैं, क्योंकि इन प्रदेशों में इन फसलों के लिए उपयुक्त जलवायु मिलती है। ठण्डे देशों में गेहूँ, जौ, राई, चुकन्दर, सेब और नाशपाती आदि फल पैदा किये जाते हैं। भूमध्यसागरीय जलवायु में तेज धूप और सर्दियों में वर्षा होने के कारण नींबू, नारंगी, जैतून, अंजीर आदि रसदार फल बहुत पैदा किये जाते हैं। इसी प्रकार मानसूनी जलवायु का मुख्य फल

केला और आम है और गरम रेगिस्तानों का खजूर, उष्ण कटिबन्धीय घास के मैदानों में कपास, मकई, कहुवा; तथा प्रैरी, पम्पाज और स्टैपी में गेहूँ अधिक पैदा किये जाते हैं। अतः यह कहा जा सकता है कि ससार के भिन्न-भिन्न देशों में भिन्न-भिन्न प्रकार की जलवायु के कारण भिन्न-भिन्न प्रकार की फसलें व फल पैदा किये जाते हैं।

जलवायु और उद्योग-धन्धे—भिन्न-भिन्न प्रकार की जलवायु में भिन्न-भिन्न प्रकार के धन्धे किये जाते हैं। उदाहरण के लिए, उष्ण प्रदेशों में बहुधा जंगली पशुओं का शिकार किया जाता है, जबकि मरुस्थलों में, शुष्क जलवायु के कारण कोई चीज पैदा नहीं होती, अतः लूटमार, चोरी करने आदि के लिए प्रसिद्ध होते हैं। शीत और शीतोष्ण कटिबन्धों में मछलियों और बालदार पशुओं का शिकार करना तथा लकड़ी काटना ही मनुष्य का मुख्य धन्धा होता है। वास्तव में, यह कहना बिल्कुल उपयुक्त है कि प्राथमिक धन्धों पर ही जलवायु का गहरा प्रभाव पड़ता है। उदाहरण के लिए, सूती वस्त्र व्यवसाय के लिए तर जलवायु की आवश्यकता है क्योंकि शुष्क जलवायु में सूत का धागा बार-बार टूट जाता है और वह अधिक लम्बा भी नहीं काता जा सकता। आर्द्र जलवायु के कारण ही मैनचेस्टर, ओसाका, बम्बई व अहमदाबाद में सूती वस्त्रों के कारखाने पाये जाते हैं। इसके विपरीत इंग्लैण्ड में पिनाईन पर्वत के पूर्व में स्थित यार्कशायर अपेक्षाकृत सूखा है, इसलिए वहाँ सूती कपड़े के कारखाने नहीं पाये जाते। आटा पीसने के व्यवसाय के लिए सूखी जलवायु की आवश्यकता होती है, इसलिए करांची, सेण्ट पाल, बुडापेस्ट और मिनीयापोलिस में आटा पीसने की कई बड़ी-बड़ी चक्कियाँ स्थापित की गयी हैं। सिनेमा व्यवसाय के लिए स्वच्छ आकाश और उज्ज्वल प्रकाश तथा पर्याप्त धूप की आवश्यकता होती है जिससे कि फोटो साफ आ सके। इसी कारण कैलीफोर्निया, इटली और भारत में बम्बई के निकट तथा फ्रांस में सिनेमा की फिल्म बनाने का व्यवसाय बहुत उन्नति कर गया है। रस्सी बनाना, कागज बनाना और छपाई के धन्धों के लिए भी उपयुक्त जलवायु की आवश्यकता होती है।

जलवायु और व्यापार—जलवायु किसी देश के व्यापार और माल के लाने-ले जाने में भी अपना प्रभाव डालती है, क्योंकि न केवल कृषि-पदार्थ ही बल्कि पशु-पदार्थ भी अपनी भौगोलिक परिस्थिति के लिए जलवायु पर ही निर्भर रहते हैं। यदि पश्चिमी उत्तर प्रदेश, पंजाब और राजस्थान में गेहूँ, पश्चिमी बंगाल में चावल, उत्तर प्रदेश में शक्कर और दक्षिणी भारत में तिलहन का अधिक व्यापार होता है तो उसका मुख्य कारण यही है कि इन भागों में उपयुक्त जलवायु के कारण ये वस्तुएँ अधिक मात्रा में उत्पन्न होती हैं। इसी प्रकार गंगा की निचली घाटी में जूट और मध्य प्रदेश में कपास के व्यापार की वृद्धि का मुख्य कारण जलवायु ही है। उष्ण भागों में (जो अधिकतर यूरेशिया व अमरीका के उपनिवेश हैं) विदेशी पूँजी, विदेशी प्रबन्ध एवं निरीक्षण में व्यापारिक पैमाने पर विशेष रूप से बित्री के लिए मूल्यवान ऊँचे दर्जे की फसलें—शक्कर, चाय, रबड़, कोको, केला, नारियल, लौंग आदि—पैदा की जाती हैं। इन्हीं पदार्थों पर शीतोष्ण कटिबन्धों के देशों के कई व्यवसाय निर्भर रहते हैं। पूर्वी देशों के मार्ग का पता लगाने का एकमात्र कारण इन देशों में पैदा होने वाली उपरोक्त वस्तुएँ थीं। पशु-पदार्थ के व्यापार पर भी जलवायु का प्रभाव पड़ता है। उदाहरण के लिए, शीतोष्ण प्रदेशों में उत्तम जलवायु के कारण ही दूध-बही के धन्धे के लिए चौपाये अधिक पाले जाते हैं। इसी कारण भूमध्यसागरीय प्रदेशों में ऊन तथा चीन और जापान में रेशम का व्यापार अधिक होता है। संयुक्त राज्य अमरीका में शिकारों में विश्व की सबसे बड़ी मांस की मण्डी है तथा भारत में कानपुर, मद्रास और आगरा में जो चमड़े का व्यापार अधिक होता है उसका एकमात्र कारण इनके पृष्ठ-प्रदेशों में अधिक जानवरों का पाला जाना है।

जलवायु और व्यापारिक मार्ग—व्यापारिक मार्गों का निर्धारण करने में भी जलवायु का बड़ा हाथ रहता है। उदाहरण के लिए, पहाड़ी क्षेत्रों में शीतकाल में बर्फ पड़ने के कारण रेलमार्ग कुछ समय के लिए बन्द हो जाते हैं तथा निम्न भागों में अधिक वर्षा के कारण रेल की पटरियाँ और पुल आदि नष्ट हो जाते हैं। रेगिस्तान में बालू के टीलों के कारण न तो सड़के ही बनायी जा सकती हैं और न रेलमार्ग ही। शीत-प्रधान देश में बर्फ पड़ने के कारण नदियाँ जम जाती हैं (जैसा कि उत्तरी रूस, साइबेरिया व कनाडा में होता है)। अतः वे शीतकाल में व्यापार के काम की नहीं रहती। इसी प्रकार बाल्टिक सागर जाड़ों में व्यापार के अयोग्य हो जाता है तथा शीतकाल में भारत और तिब्बत के बीच में होने वाला व्यापार भी ठप्प हो जाता है। प्राचीन-काल में जहाज हवा की सहायता से ही अपनी यात्रा करते थे। अफ्रीका का चक्कर लगाकर भारत में आने वाले जहाज वर्षा में अरब सागर को पार करते थे क्योंकि उस समय हवाएँ दक्षिण-पश्चिम से उत्तर-पूर्वी भाग की ओर चली जाती थीं किन्तु शीतऋतु में लौटते हुए जहाज अफ्रीका का चक्कर लगाकर जाते थे। किन्तु अब आधुनिक जलयानों पर उन हवाओं का प्रभाव नहीं पड़ता क्योंकि वे यान्त्रिक शक्ति से चलाये जाते हैं। अब भी बहुत-से जहाज लिवरपूल से आस्ट्रेलिया जाने के लिए केप मार्ग का अनुसरण करते हैं, क्योंकि पछुवा हवाएँ अनुकूल पड़ती हैं और स्वेज मार्ग से लौटते हैं ताकि पछुआ हवाओं की प्रतिकूलता से बचते रहें। जिन भागों में सघन कुहरा घिर जाता है वहाँ जहाजों के टकराने की आशंका रहती है अतः ऐसे भागों से बचने का प्रयत्न किया जाता है। उत्तरी अटलांटिक जलमार्ग न्यूफाउण्डलैंड से बचकर जाता है। ग्रीनलैंड द्वीप के निकट समुद्र में बड़े-बड़े हिमपिण्ड तैरते हैं इसलिए यूरोप से अमरीका जाने वाला समुद्री मार्ग ग्रीनलैंड से बचकर दक्षिण की ओर जाता है। वायुयानों के मार्गों पर भी जलवायु का बड़ा प्रभाव पड़ता है। ऊपरी आकाश में अधिक ठण्ड होने तथा गहरे बादल तथा बर्फ व बालू की आँधियों और तेज हवा के कारण हवाई जहाज नष्ट होकर गिर पड़ते हैं। शीतकाल में कुहरा होने के कारण भी हवाई जहाजों को बड़ी हानि होती है। बर्फीले प्रदेशों में बर्फ पर फिसलने वाली बिना पहियों की गाड़ियाँ तथा जल प्रदेशों में पहियों वाली गाड़ियाँ और रेगिस्तान में ऊँट की सवारी आदि का होना जलवायु के ही परिणाम हैं।

जलवायु और जनसंख्या—जनसंख्या के वितरण में जलवायु का महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। मनुष्य उन्हीं भागों में रहना पसन्द करता है जहाँ की जलवायु उसके स्वास्थ्य के लिए तथा उद्योग के लिए अनुकूल होती है। यही कारण है कि सबसे पहले मानव का विकास कर्क रेखा और 40° उत्तरी अक्षांशों के बीच के भागों में हुआ जो न तो अधिक गरम ही हैं और न अधिक ठण्डे ही, जहाँ न अधिक वर्षा ही होती है और न सूखा ही पड़ता है तथा कार्य करने के लिए तापमान सदैव ही उपयुक्त रहा करता है।¹ किन्तु इसके विपरीत उष्ण कटिबन्धीय जंगलों—अमेजन तथा कांगो नदी के बेसिनो, पूर्वी द्वीपसमूह आदि—में तीव्र गर्मी व सदा वर्षा होने के कारण प्रति वर्ग-मील 10 से भी कम व्यक्ति रहते हैं। आर्कटिक अथवा अण्टार्कटिक महाद्वीप में अत्यधिक शीत के कारण प्रतिमील 1 से भी कम मनुष्य रहते हैं। इन प्रदेशों की जलवायु या तो बहुत गरम और नम है जिसके कारण मानव की कार्यशक्ति पर बड़ा अहितकर प्रभाव पड़ता है अथवा बहुत ही ठण्डी है जिसके कारण एक निश्चित समय तक कोई भी कार्य करना असम्भव हो जाता है। इसके विपरीत अर्द्ध-उष्ण कटिबन्धीय भागों में जहाँ जलवायु साधारणतया गरम और पर्याप्त वर्षा (4-5 महीनों तक) वाला होता है तथा जहाँ वर्ष में दो फसलें सुगमतापूर्वक पैदा की जा सकती हैं वहाँ जनसंख्या का जमाव शीघ्र बढ़ता जाता है। सिन्धु और गंगा का मैदान शताब्दियों के उत्तम

¹ Vidal de La Blache ; *Principles of Human Geography*, p. 75

जलवायु के कारण घना बसा है। इसी प्रकार शीतोष्ण सामुद्रिक जलवायु वाले प्रदेश उत्तरी-पश्चिमी यूरोप, उत्तरी संयुक्त राज्य अमरीका आदि अपनी उत्तम जलवायु के कारण (जिसका कार्यशीलता और मस्तिष्क पर बड़ा अनुकूल प्रभाव पड़ता है) विश्व के घने बसे हुए भागों में गिने जाते हैं। अस्तु, प्रति वर्गमील पीछे बेल्जियम में 700 और इंग्लैण्ड में 500 से भी अधिक व्यक्ति रहते हैं। न्यून तापमान के कारण ही टुण्ड्रा प्रदेश किसी काम का नहीं है। ग्रीनलैण्ड और अण्टार्क्टिका के 60 लाख वर्गमील भूमि को न्यून तापमान ने ही व्यर्थ बना दिया है। जुलाई की 50° समताप रेखा कृषि-प्रधान देशों की उत्तरी सीमा बनाती है। अतः कनाडा और अलास्का की लगभग 60 लाख वर्गमील भूमि और यूरेशिया की लगभग 65 लाख वर्गमील भूमि पर जनसंख्या का घनत्व 1 मनुष्य से भी कम रहता है। यदि 10 लाख वर्गमील अन्य भूमि को भी इनमें सम्मिलित कर लिया जाय, जो निम्न तापमान के कारण महाद्वीपीय पहाड़ों और पठारों पर मिलती है तो केवल तापमान के आधार पर ही संसार की कृषि-योग्य भूमि का क्षेत्र 275 लाख वर्गमील भूमि से घटकर 440 लाख वर्गमील ही रह जाता है।

जलवायु और भोजन—मानव के भोजन पर भी जलवायु का प्रभाव पड़ता है। उदाहरण के लिए, गरम देशों में हल्के और कम मात्रा में भोजन की आवश्यकता होती है किन्तु ठण्डे देशों में शरीर में गर्मी और शक्ति को बनाये रखने के लिए अधिक मात्रा में भोजन की आवश्यकता पड़ती है। यही कारण है कि शीतोष्ण कटिबन्धीय देशों में माँस, मदिरा, अण्डे, मक्खन और मछली आदि अधिक व्यवहार में लाये जाते हैं जबकि भारत जैसे देश में अधिकांश जनसंख्या निरामिषभोजी (vegetarian) है।

जलवायु और वस्त्र—उष्ण देशों में जलवायु गरम होने के कारण वर्ष भर में बहुत ही कम वस्त्र की आवश्यकता पड़ती है। उदाहरण के लिए, भारत में प्रति व्यक्ति पीछे कपड़े की वार्षिक खपत 18 गज है, जबकि संयुक्त राज्य में यह मात्रा 64 गज की है। गरम देशों में हल्के सूती वस्त्र ही अधिक पहने जाते हैं, जो काफी ढीले-ढाले भी होते हैं। किन्तु ठण्डे देश में प्रायः साल भर ही ऊनी वस्त्र, समूर के बाल या मछलियों की खालों के वस्त्र पहनने पड़ते हैं जो साधारणतया बहुत ही तंग और चुस्त होते हैं।

प्राकृतिक परिस्थितियों में जलवायु ही एक ऐसी शक्ति है जिसमें मनुष्य अपने लाभ के लिए बहुत कम परिवर्तन कर सकता है। यह सत्य है कि थोड़ी मात्रा में मनुष्य आजकल 'एयर-कन्डीशन' द्वारा वायु के ताप को घटा-बढ़ा सकता है, परन्तु इसका लाभ अभी तक जनसाधारण के लिए नहीं है और यदि ऐसा हो भी जाय तो भी इसका लाभ मनुष्य के निवास-स्थान तक ही सीमित रहेगा। बाहरी क्षेत्रों में उसका कार्य जलवायु पर निर्भर रहेगा। मनुष्य के शरीर पर जलवायु का बड़ा मासिक प्रभाव पड़ता है। उसका स्वास्थ्य, उसकी कार्य-शक्ति, उसके वस्त्र, निवास स्थान तथा उसका भोजन इत्यादि इसी के फल हैं। मनुष्य के शरीर का तापमान लगभग 98.6° फा० होता है। इस ताप को बनाये रखने के लिए मनुष्य के शरीर से सदा एक प्रकार की गर्मी निकलती रहती है। जब मनुष्य चुपचाप बैठा रहता है उस समय उसके शरीर के प्रति वर्ग सेण्टीमीटर से प्रति सेकण्ड 1 मिली कैलोरी गर्मी जाती रहती है। परन्तु यदि वह काम करने लगे तो कार्य के अनुसार निकल जाने वाली गर्मी 7 मिली कैलोरी तक बढ़ जाती है। इस मात्रा से कम गर्मी निकलने पर शरीर को अधिक गर्मी लगती है और उससे अधिक निकलने पर शरीर को ठण्ड लगने लगती है। शरीर को इन दोनों दशाओं से सुरक्षित रखने के लिए मनुष्य वस्त्र का प्रयोग करता है। पृथ्वी के उन भागों में जहाँ जलवायु अधिक गरम होती है वहाँ मनुष्य के शरीर से कम गर्मी निकल पाती है। अतः वहाँ बहुत ही कम वस्त्र पहने जाते हैं। अफ्रीका के मध्य भाग में अथवा हमारे देश के दक्षिण प्रदेश में इसका उदाहरण मिलता है। परन्तु जहाँ जलवायु कम गरम होती

है वहाँ शरीर से अधिक गर्मी निकल जाती है इसीलिए वहाँ अधिक गर्मी को रोकने वाले वस्त्र पहनने की प्रथा है। इसका उदाहरण यूरोप के ठण्डे देशों में मिलता है। ऋतु-परिवर्तन का प्रभाव भी इसी प्रकार होता है।

संसार को वस्त्र के अनुसार तीन भागों में बाँटा जाता है। पहले वे भाग हैं जहाँ पूरे वर्ष भर इतनी गर्मी पड़ती है कि न्यूनतम वस्त्रों की आवश्यकता पड़ती है, दूसरे वे भाग हैं जहाँ जाड़े और गर्मी में अधिक अन्तर पड़ जाने के कारण ऋतु के अनुसार वस्त्र बदलने पड़ते हैं; और तीसरे वे भाग हैं जहाँ वर्ष भर कठोर सर्दी पड़ती है और इसलिए केवल गरम वस्त्रों का ही प्रयोग किया जाता है। अधिक उच्चतर जंगलों में तो मानव आज भी बिल्कुल नग्न ही रहते हैं या कमर में पेड़ों की छाल या घास आदि लपेटते हैं।

जलवायु और निवास-गृह—किसी देश के निवासियों के रहने के लिए किस प्रकार के मकान होंगे इस पर उस देश की जलवायु का प्रभाव पड़ेगा। उदाहरण के लिए, कनाडा और रूस के उत्तरी भागों में जहाँ कठोर सर्दी पड़ती है, वहाँ न तो लकड़ी ही पैदा हो सकती है और भूमि पर सदैव बर्फ जमे रहने के कारण न पत्थर या मिट्टी आदि ही प्राप्त हो सकते हैं। अतः ऐस्कीमो, समयोडी, लैप्स और फिन्स आदि बर्फ के ही मकान बनाते हैं। इनका आकार गुम्बजनुमा और छोटा होता है। इसके भीतर जाने के लिए एक सँकरी गली सी होती है। मकानों में खिड़कियाँ बिल्कुल नहीं रखी जाती। केवल धुआँ निकलने के लिए छोटा-सा सुराख ऊपर की तरफ बना दिया जाता है। अधिक बड़ी खिड़कियाँ और दरवाजे वहाँ इसलिए नहीं रखे जाते क्योंकि वहाँ लगातार बर्फ गिरती रहती है। इसके विपरीत, शुष्क और गरम जलवायु के कारण मरुस्थलों में या तो तम्बू आदि बनाये जाते हैं अथवा मरुस्थलों के निकट जहाँ मिट्टी, पानी, लकड़ी व पत्थर मिले जाते हैं, पक्के मकान बनाये जाते हैं। किन्तु इनमें भी खिड़कियाँ नहीं रखी जाती क्योंकि मरुस्थलों में तेज बालू की आँधियाँ चलती रहती हैं। वर्षा कम होने के कारण मकानों की छतें चौरस बनायी जाती हैं जिससे वर्षा का जल उन पर इकट्ठा न हो सके। सँदियों में इन पर बैठने और गर्मियों में रात्रि में सोने का काम लिया जाता है। उत्तर के शीतोष्ण वनों में अथवा घास के मैदानों में पत्थर के अभाव में मकान लकड़ी के लट्ठों के अथवा घास-फूस के बनाये जाते हैं। ग्रेट ब्रिटेन में निम्न तापमान और अधिक वर्षा से बचने के लिए मकान अधिकतर ईंटों, पत्थर अथवा सीमेण्ट के बनाये जाते हैं जिनकी छतें इसलिए ढालू रखी जाती हैं कि अधिक वर्षा का पानी अथवा बर्फ उन पर से नीचे फिसल जायँ। अधिक शीत से बचने के लिए कमरों में बिजली द्वारा गर्मी पहुँचायी जाती है। चूँकि आकाश सदा मेघाच्छादित रहता है, इसलिए कमरों को पूरी तरह प्रकाश पहुँचाने के लिए काँच की खिड़कियाँ रखी जाती हैं। इसके विपरीत भूमध्यसागरीय प्रदेशों में चौरस छतों वाले मकान जिनमें प्रत्येक में खिड़कियाँ और आँगन होते हैं, बनाये जाते हैं। भारत जैसे गरम देश में कड़ी धूप से बचने के लिए मकान से बाहर बरामदे बनाना और सूर्य-प्रकाश की प्राप्ति के लिए मकानों में छोटी-छोटी खिड़कियाँ अथवा रोशनदान बनाना आवश्यक होता है। इसके अतिरिक्त गरम देशों में ठण्डे देशों की अपेक्षा सड़कें भी बहुत सँकरी बनानी पड़ती हैं।

जलवायु और प्रवास—संसार के विभिन्न प्रदेशों में एकसी जलवायु पायी जाती है। अतः यदि किसी देश में जनसंख्या उस देश की भरण-पोषण की शक्ति से अधिक होती है तो वह अपने समान जलवायु वाले देशों में जाकर बस जाती है। अंग्रेज इसी कारण न केवल कनाडा और दक्षिणी अफ्रीका में ही पहुँचे किन्तु आस्ट्रेलिया में भी जा पहुँचे। जापानी पूर्वी एशिया के देशों और भारतवासी लंका, पूर्वी अफ्रीका और उत्तरी-दक्षिणी अमरीका में जाकर रहने लगे हैं। जब

अग्नेज भारत में थे तो यहाँ की तेज धूप से बचने के लिए ग्रीष्मकाल में शिमला, नैनीताल, डलहौजी, उटकमण्ड, पंचमढी, दार्जिलिंग अथवा आबू पर चले जाते थे क्योंकि इस समय वहाँ की जलवायु शीतल होती थी।

जलवायु और सभ्यता—मनुष्य की सभ्यता पर जलवायु का बहुत गहरा प्रभाव पड़ा है। विश्व की प्राचीन सभ्यताओं का विकास नदियों के किनारे ही हुआ, क्योंकि नदियों के पानी ने खेतों के कार्य और मनुष्य के विकास को बहुत सरल बना दिया था। उदाहरण के लिए, नील नदी की घाटी में मिस्र की सभ्यता, फरात नदी की घाटी में बेबीलोनिया की सभ्यता, सिन्धु नदी की घाटी में हिन्दुओं की मोहनजोदड़ो की सभ्यता और ह्वांगहो की घाटी में चीन की सभ्यता फली-फूली। इन सब घाटियों में लगभग एकसी जलवायु पाये जाने के कारण इनकी सभ्यता में भी समानता थी। इसके पश्चात् रूमसागरीय सभ्यता का विकास हुआ और यह अधिक जलवृष्टि वाले प्रदेशों में फैली। इस प्रकार जब अधिक वर्षा का होना भी बन्द हो गया तो इस सभ्यता का अन्त हो गया। इसमें कोई सन्देह नहीं कि मध्य एशिया के लुटेरों के हमले यूरोप के देशों पर इसलिए होते थे कि उनके प्रदेशों में जल-वृष्टि के अभाव के कारण कोई वस्तु पैदा नहीं हो सकती थी। रसेल स्मिथ के शब्दों में, “साधारण कठिनाई वाली जलवायु ही सभ्यता का बीजारोपण करती है और उसे पनपाती है।”¹ वास्तव में, सभ्यता का जन्म उन्हीं प्रदेशों में हुआ जहाँ प्रकृति ने उत्पादन वर्ष के एक प्रमुख भाग में सीमित रखा और उस क्षेत्र के निवासियों को परिश्रम करने के लिए प्रेरित किया। विषुवतरेखीय और ध्रुवीय प्रदेशों के बीच में ऐसे प्रदेश मिलते हैं जहाँ प्रकृति ने बाधा और सुविधा का समन्वय प्रस्तुत किया है। इन प्रदेशों में वह परिश्रम करता है, बचत करता है और भविष्य के लिए योजनाएँ बनाता है।

यह सत्य है कि मनुष्य ने गरम भागों में जन्म लिया किन्तु उसकी वृद्धि शीतोष्ण प्रदेशों में हुई। गरम प्रदेशों में पिछड़े हुए मानव ने अपनी दैनिक आवश्यकताओं की पूर्ति बिना किसी परिश्रम से ही की, क्योंकि इन प्रदेशों में प्रकृति इतनी उदार है कि उसे अपने भोजन और वस्त्र प्राप्त करने के लिए अधिक प्रयत्न नहीं करना पड़ता है। इसलिए इन प्रदेशों के निवासी साधारणतया बहुत ही सुस्त और असभ्य रह गये हैं। इसका मुख्य उदाहरण हमें पूर्वी द्वीपसमूह, कागो और अमेजन की घाटियों के जीवन से मिलता है। इन्हें प्रकृति द्वारा बिना किसी प्रयत्न के ही केले, फल, मछलियाँ अथवा पशु भोजन के लिए मिल जाते हैं। उष्ण तथा तर जलवायु के कारण वस्त्रों की आवश्यकता नहीं रहती। अस्तु, ये प्रायः नगे ही रहते हैं, किन्तु ध्रुव प्रदेश में रहने वाले एस्कीमो और लैप्स को (जिन्हें बहुत ही कठोर शीत में रहना पड़ता है) पिगमियों, पेपुओं अथवा अमेजन के लोगों की अपेक्षा वस्त्र और भोजन के लिए अधिक परिश्रम करना पड़ता है। इन शीत प्रदेशों में उस मनुष्य के लिए कोई स्थान नहीं जो शारीरिक अथवा मानसिक शक्ति से पूर्ण न हो।

जलवायु का मानव की कार्य-शक्ति पर प्रभाव—जलवायु का कार्य-शक्ति पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। भूगोल के प्रसिद्ध विद्वान प्रो० हण्टिंगटन ने बड़े परिश्रम के बाद अपने तुलनात्मक अध्ययन के आधार पर (जो उन्होंने डेनमार्क और संयुक्त राज्य के विद्यार्थियों और मजदूरों के विषय में किये हैं) यह सिद्ध किया है कि शारीरिक श्रम के लिए 60-65° फा० और मानसिक श्रम के लिए 38-40° फा० तापमान की आवश्यकता होती है। प्रो० हण्टिंगटन के अनुसार यदि कोई कारखाना अच्छे से अच्छा सामान तैयार करना चाहता है तो उसे शीतकाल में मशीन की गति धीमी कर देनी चाहिए, और ग्रीष्म में फिर कुछ धीमी कर देनी चाहिए किन्तु पतझड़ में

¹ “Civilization is the product of Climatic Adversity.”

अधिक से अधिक तेज कर देनी चाहिए इसलिए कि शीतोष्ण चक्रवान न केवल स्फूर्ति प्रदान करते हैं, बल्कि कार्यक्षमता को भी बढ़ाते हैं। इसी कारण ब्रिटिश द्वीपसमूह व पूर्वी सयुक्त राज्य स्वास्थ्य की दृष्टि से बहुत अच्छे समझे जाते हैं। यही नहीं किमी स्थान की जलवायु यह भी निर्धारित करती है कि किन क्षेत्रों में मानव बिना थकान अनुभव किये कार्य कर सकता है और किन स्थानों में थोड़ी ही देर बाद उसे थकान अनुभव होने लगती है। सच तो यह है कि शीतल जलवायु में मानव को प्रेरणा मिलती है जबकि उष्ण जलवायु न केवल उसके स्नायुओं को ही शिथिल बना देती है किन्तु उसको कई रोगों का—विशेषकर मलेरिया, पेचिश तथा अन्य प्रकार के रोगों का—शिकार भी बना देती है। शीतल जलवायु के कारण ही अमरीका और इंग्लैण्ड में बहुत-से विचारक और उत्तम नेता पैदा हुए हैं। अधिक गर्मी के कारण हमारे यहाँ चार महीनों तक पूरी तरह कार्य नहीं हो सकता। भारतीय मजदूर की अकुशलता का मुख्य कारण देश की जलवायु है। उष्ण जलवायु के कारण अफ्रीका के मध्यवर्ती भागों में मानव शरीर में गुर्दे, तिल्ली अथवा प्रजनन अंगों में कई प्रकार की बीमारियाँ लग जाती हैं। यही कारण है कि बहुत समय से ही गिनीतट को अंग्रेजों की कब्र (Whitemen's Grave) कहा गया है क्योंकि इस गरम जलवायु में अंग्रेज स्वस्थ नहीं रहते थे। अधिक ठण्डे भागों में भी कठोर शीत के कारण कार्य बिल्कुल नहीं हो सकता। इसी कारण कुहरे वाली जलवायु भी मनुष्य को काल्पनिक और निराशावादी बना देती है जैसे स्केण्डेनेविया के निवासी। इसी प्रकार गरम जलवायु के कारण ही भारतीय लोग रोगी, निराशावादी और भाग्य पर विश्वास करने वाले होते हैं। अस्तु, यह कहा जा सकता है कि भिन्न-भिन्न देशों के निवासियों का स्वभाव उस देश की जलवायु के अनुसार ही बनता है। यदि अंग्रेज अधिक प्रसन्नमुख और खेलकूद पसन्द करने वाले हैं तो उसका मुख्य कारण वहाँ का मेघाच्छन्न आकाश है जो सदैव ही उनको घरो से बाहर जाकर आनन्द मनाने के लिए उत्साहित करता है। पूर्वी देशों के लोगों में जो उदासीनता और पश्चिमी देशों में जो चंचलता, गम्भीरता और असीम धैर्य पाया जाता है उसका मुख्य कारण जलवायु ही है। मिस्र के निवासी बहुत अच्छे ज्योतिषी और गणितज्ञ माने जाते हैं, उसका मुख्य कारण वहाँ की जलवायु ही है। वहाँ आकाश सदा साफ रहता है और वहाँ के मरुस्थल में तारे ही मुसाफिरों को रात्रि में मार्ग का ज्ञान कराते हैं। ब्रिटिश द्वीपसमूह में वर्ष के अधिकांश भाग में जलवायु आर्द्र रहती है। इस कारण वहाँ पक्के रंग का बनना मुश्किल है, इसलिए वहाँ के निवासी हल्के रंग पसन्द करते हैं, किन्तु भारत जैसे गरम देश में गहरे रंगों का रिवाज है। भूमध्यसागरीय देशों में तेज धूप पड़ने के कारण चमकीले वस्त्र पहनना पसन्द किया जाता है। भारत के बारे में यह कहा जा सकता है कि मई से अगस्त तक के चार महीनों को छोड़कर शेष महीनों में जलवायु मनुष्य को फुर्तीला और शरीर को सशक्त बनाने वाली है। शारीरिक कार्य करने के लिए पंजाब, हिमाचल प्रदेश, पश्चिमी उत्तर प्रदेश, राजस्थान, दिल्ली और कश्मीर उत्तम हैं किन्तु मानसिक कार्यों के लिए बंगाल, गुजरात और महाराष्ट्र की जलवायु उत्तम है।

तृतीय खण्ड
जलमण्डल

17

जलमण्डल (HYDROSPHERE)

पृथ्वी के धरातल का तीन-चौथाई भाग जल से आवृत है। धरातल का यह जलवेष्टित भाग ही जलमण्डल कहलाता है। जल और स्थल का यह विन्यास देखकर लोगों को यह भ्रम हो सकता है कि धरातल पर स्थल की अपेक्षा जल अधिक है। किन्तु भू-तल पर समस्त प्राणी-वर्ग और वनस्पति के विकास के लिए जल-स्थल का यह विन्यास आवश्यक है। समस्त प्राणियों और वनस्पतियों में भी जल का यथेष्ट अंश देखा जाता है। मानव शरीर में 60 से 80 प्रतिशत, पशुओं में 40 से 50 प्रतिशत, पक्षियों में 75 प्रतिशत, जल-जीवों में 80 प्रतिशत और वनस्पतियों में 60 से 98 प्रतिशत तक जल का अंश पाया जाता है। इससे स्पष्ट है कि पृथ्वी पर हर एक प्रकार के जीवन का आधार जल ही है।

पृथ्वी के स्थल भागों में पाये जाने वाले सभी जल-स्रोतों—नदी कुएँ, झील व झरने आदि—का आधार महासागर है। स्थल पर सर्वत्र जल का वितरण इन्हीं महासागरों से होता है। यदि कुछ समय के लिए जल के वितरण की यह प्राकृतिक व्यवस्था बन्द हो जाये तो स्थल पर पाये जाने वाले नदी, झील, कुएँ आदि स्रोत सूख जायेंगे। इनके अभाव में जीवन की कल्पना भी दूभर है। फिर महासागर धरातल पर तापमान के सन्तुलन को बनाये रखने में बड़ा भारी योग देते हैं। यदि जल-स्थल का वर्तमान विन्यास न हो तो धरातल के विभिन्न भागों की जलवायु की विषमता इतनी बढ़ जायगी कि भू-तल पर जीवन-विकास कठिन ही नहीं असम्भव हो जायेगा।

जलमण्डल की उत्पत्ति

प्रायः सभी बातों का प्रारम्भ अस्पष्ट हुआ करता है। यही बात महासागरों के सम्बन्ध में भी है। बहुत-से लोग इस बारे में एकमत नहीं हैं कि पृथ्वी पर महासागरों का आविर्भाव किस प्रकार हुआ? इस सम्बन्ध में अलग-अलग विद्वानों ने जो व्याख्याएँ प्रस्तुत की हैं उनमें से कुछ नीचे दी जा रही हैं :

कुछ विद्वानों की मान्यता है कि महाद्वीप और महासागरों के जिस रूप को हम आज देख रहे हैं उसमें चन्द्रमा के पृथ्वी से अलग होने की घटना का निश्चय ही बहुत बड़ा हाथ रहा होगा। चन्द्रमा के पृथ्वी से अलग हो जाने पर पृथ्वी पर एक बहुत बड़ा घाव उत्पन्न हो गया और वह आज तक मौजूद है। इसी घाव अथवा रिक्त स्थान में आज प्रशान्त महासागर लहरे मार रहा है। इस प्रकार प्रशान्त महासागर चन्द्रमा की उत्पत्ति का प्रतिफल है। किन्तु चन्द्रमा की उत्पत्ति ने सम्भवतः प्रशान्त महासागर के साथ-साथ संसार के अन्य महासागरों के क्षेत्रों की रूप-रचना

मे भी सहायता दी है। जब भू-पटल का एक अंश पृथ्वी से अलग हुआ होगा तो भू-पटल के अन्य भागों पर जोर पड़ने से तनाव आया होगा और उसमें जगह-जगह दरारें उत्पन्न हुई होंगी। ये दरारें पृथ्वी के अपनी कीली पर घूमने तथा अण्डाकार मार्ग पर तेजी के साथ दौड़ने के कारण अधिकाधिक चौड़ी होती चली गयीं तथा चट्टानों के पिण्ड नीचे की धीरे-धीरे कड़ी होती हुई मुलायम पत्थर की परत पर फिसलते हुए एक-दूसरे से दूर हटते चले गये। यह नरम पत्थर की परत गोंद की भाँति चिकनी रही होगी। धीरे-धीरे नरम पत्थर की परत का ऊपरी भाग ठण्डा होकर कड़ा पड़ गया और इधर से उधर घूमते-घूमते उन महाद्वीपों को स्थिरता प्राप्त करके विश्राम करने का अवसर मिला। वे अपने बीच में महासागरों के विशाल गड्ढे लिये जहाँ के तहाँ जम गये और आज भी अधिकांश महाद्वीप एवं महासागरों के गड्ढे उसी रूप में विद्यमान हैं, जिस रूप में पृथ्वी के इतिहास की अत्यन्त प्रारम्भिक अवस्था में रहे थे।

किन्तु यह कहानी की भूमिका-मात्र है, क्योंकि जब चन्द्रमा का जन्म हुआ था, तब महासागरों का अस्तित्व था ही नहीं। धीरे-धीरे ठण्डी होती हुई धरती बादलों की मोटी परतों से ढकी थी। उन बादलों में इस नवीन ग्रह के लिए जल विद्यमान था। एक लम्बे समय तक इसका धरातल इतना गरम रहा कि किसी प्रकार की ओस गिर ही नहीं सकती थी और अगर गिरती भी थी तो वह तुरन्त भाप में बदल जाती। अनवरत रूप से नवीन रूप धारण करता हुआ बादलों का यह सकुचित आवरण इतना मोटा अवश्य रहा होगा कि सूर्य की किरणें उसे भेद नहीं सकती होंगी। इस प्रकार महाद्वीपों और महासागरों के रिक्त गड्ढों की मोटी रूपरेखा पृथ्वी के धरातल से तराशी जाकर निर्मित होती रही होगी। सब ओर गहन अन्धकार, गरम चट्टानों, उमड़ते-घुमड़ते बादलों तथा अवसाद का एक भयानक संसार रहा होगा और उसी में यह निर्माण-कार्य अनवरत चलता रहा होगा।

ज्योंही पृथ्वी का आवरण पर्याप्त ठण्डा हो गया, वर्षा होने लगी। जो बरसातें उस काल में हुईं वैसी फिर कभी नहीं हुईं। दिन और रात गुजरते चले गये, दिन महीनों में बदल गये, महीने वर्षों में परिवर्तित हो गये और वर्षों की शताब्दियाँ बन गयीं—घनघोर वर्षा लगातार होती ही रही। वह वर्षा महासागरों के खाली गड्ढों में समाती रही अथवा जो महाद्वीपों के भू-भागों में पड़ती रही वह प्रवाहित होकर समुद्र का रूप धारण करने लगी।

एक दूसरे मत के अनुसार पृथ्वी का भीतरी भाग निरन्तर ठण्डा होता रहा है, क्योंकि संचालन द्वारा धरातल से बराबर गर्मी नष्ट होती रही है। धरातल के बराबर सिकुड़ने और चटकने का उपरोक्त क्रम तब तक चलता रहा जब तक कि पृथ्वी के ऊपर एक मोटी और कठोर परत का निर्माण नहीं हो गया। इस प्रकार बनी पपड़ी की मोटाई 10 से 100 मील के बीच कुछ भी हो सकती है। पृथ्वी का ऊपरी भाग शीतल हो जाने पर सिकुड़ना बन्द हो गया। किन्तु यह समस्त प्रक्रिया कितनी कठिन है कि पृथ्वी की कुछ गहराई तक धरातल ठण्डा है और उसका सिकुड़ना बन्द हो गया है, पर यदि हम काफी गहराई तक जायें तो हमें ऐसी परत मिलेगी जो अभी भी अपने तापमान में प्रारम्भिक अवस्था के समान है। यह परत उस तापमान पर लगभग स्थिर-सी है और सिकुड़ने आदि की कोई क्रिया नहीं होती। ऊपर की शीतल और नीचे की गरम दोनों परतों—जो अपने तापमान में प्रायः स्थिर हैं—के मध्य एक ऐसी परत की विद्वान कल्पना करते हैं जो कि अभी भी शीतल हो रही है और सिकुड़ रही है। यह मध्यवर्ती परत ज्यों-ज्यों शीतल होकर सिकुड़ती है ऊपर की ठण्डी व ठोस परत नीचे घँसकती जाती है। इस कारण अतीत में किसी समय हमारा धरातल सिकुड़ते हुए भीतरी भाग के लिए काफी बड़ा हो गया। चूँकि ऊपरी परत अथवा भू-पृष्ठ भीतरी परत पर ही आधारित है, अतः यह आवश्यक है कि वह किसी प्रकार उसके अनुकूल बन जाय। इस प्रकार भू-पृष्ठ के सिकुड़ती हुई भीतरी परत के अनुकूल

बनने के कारण ही पृथ्वी की ऊपरी ठोस परत टूट गयी और उससे महाद्वीप एवं महासागरों का आविर्भाव हुआ ।

भू-पटल पर जैसे ही प्रमुख भू-आकारों—महाद्वीप एवं महासागर—का निर्माण हुआ, जलमण्डल की स्थायी परत बननी प्रारम्भ हो गयी । किन्तु यहाँ इस प्रश्न पर विचार करना जरूरी है कि उस समय महासागरों में जल कहाँ से प्राप्त हुआ । इस प्रश्न का पृथ्वी की उत्पत्ति के सम्बन्ध में ज्ञात किसी भी उपकल्पना के आधार पर ठीक-ठीक उत्तर नहीं दिया जा सकता । यदि हम यह मान लें कि सूर्य से छिटककर आने वाले पदार्थों—जिससे पृथ्वी बनी है—में प्रारम्भ से ही जल या जल के तत्त्व वर्तमान थे, परन्तु पृथ्वी अपनी उस प्रारम्भिक अवस्था में इस जल को धारण नहीं कर सकती थी । कारण किसी गैसीय पदार्थ को ऊँचे तापमान पर जलवाष्प तथा वायु को ठहराने के लिए यह आवश्यक है कि आकाशीय पिण्ड में कुछ गुरुत्वाकर्षण शक्ति हो । दूसरे शब्दों में, उस आकाशीय पिण्ड का कुछ न्यूनतम आकार होना चाहिए । हम जानते हैं कि चन्द्रमा के छोटे आकार के कारण ही उसके ऊपर जलमण्डल का अभाव है । ग्रहाणु सम्बन्धी उपकल्पना के अनुसार पृथ्वी का आदिस्वरूप बहुत छोटा था । अतः उस समय उस पर न जल-वाष्प ही ठहर सकती थी और न वायु ही । यह सोचना भी हमारे लिए अस्वाभाविक होगा कि अपने विकास के समय पृथ्वी द्वारा आकर्षित ग्रहाणुओं (planetesimals) के साथ-साथ वायु और पानी भी आ मिले, क्योंकि यदि ये पिण्ड उल्काओं के समान हुए जैसा कि हम जानते हैं तो वे अपने में कोई गैसीय पदार्थ नहीं रख सकेगे ।

इन सबके विपरीत कुछ विद्वानों की यह मान्यता है कि पृथ्वी के धरातल पर प्रारम्भ से ही कुछ जल विद्यमान था । जल और द्रव चट्टान सब अवस्थाओं और अनुपातों में घुल सकती हैं । अतः यह मान लेना उपयुक्त होगा कि पृथ्वी के भीतरी द्रवित भाग में भारी मात्रा में जल विद्यमान था, जैसा कि आज भी है । जब कभी द्रव चट्टान धरातल के ऊपर आती है तो ठण्डी होने पर उसमें से जल छूटता है । इसीलिए ज्वालामुखी विस्फोट के समय बड़ी भारी मात्रा में जलवाष्प बाहर निकलती है । अतः अब यह पूर्णतः स्पष्ट है कि पृथ्वी पर विद्यमान महासागरों में जल की राशि पृथ्वी के निर्माण के समय से ही बढ़ती रही है ।

महासागरीय नितल (Oceanic Floors)

धरातल पर सर्वत्र न जल ही जल है और न स्थल ही स्थल । कहीं जल है और कहीं स्थल । जल और स्थल का यह विन्यास समान भी नहीं है । स्थल की अपेक्षा जल अधिक है । ऐसा अनुमान लगाया गया है कि पृथ्वी का कुल क्षेत्रफल 20,00,00,000 वर्गमील है । इस क्षेत्रफल के तीन-चौथाई भाग में जल और एक-चौथाई भाग में स्थल फैला हुआ है । यही नहीं, भू-पृष्ठ पर जलराशि का भण्डार इतना अधिक है कि यदि उसे भूमि पर समतल फैला दिया जाय तो उसके ऊपर सर्वत्र ही दो मील गहरा समुद्र लहराने लगेगा ।

कई समुद्रशास्त्रियों ने स्थल की औसत ऊँचाई और समुद्र की औसत गहराई तथा स्थल की विभिन्न ऊँचाइयों और समुद्र की विभिन्न गहराइयों का अनुपात निकालने की भी चेष्टा की है । किन्तु ये सब गणनाएँ एकदम प्रामाणिक नहीं कही जा सकतीं । सर जॉन मरे (Murray) के अनुसार ये अंक अग्रांकित हैं :¹

¹ Sir John Murray : *The Ocean*, pp. 1-2

स्थल भाग

ऊँचाई	क्षेत्रफल	सम्पूर्ण पृथ्वी का प्रतिशत
12000 फुट से अधिक तक	20 लाख वर्गमील	1
6000—12000 फुट तक	40 " "	2
3000— 6000 "	100 " "	5
600— 3000 "	260 " "	13
0— 600 "	150 " "	8
	कुल 570 " "	कुल 29%

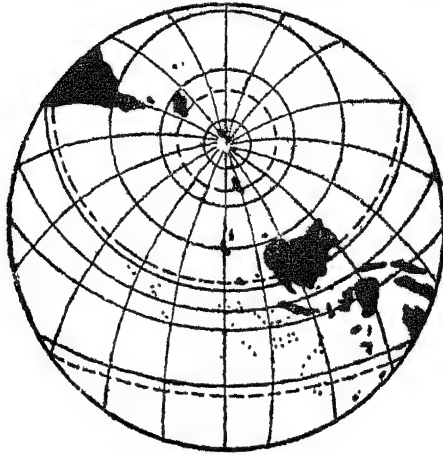
जल भाग

0— 600 "	100 " "	5
600— 3000 "	70 " "	3
3000— 6000 "	50 " "	2
6000—12000 "	270 " "	15
12000—18000 "	810 " "	41
18000 फुट से अधिक	100 " "	5
	कुल 1400 " "	कुल 71%

समुद्र के तल से समस्त भूमि की औसत ऊँचाई 2,400 फुट है। प्रो० हिण्डस (Hinds) के अनुसार विभिन्न महाद्वीपों की औसत ऊँचाई इस प्रकार है :¹

उत्तरी अमरीका	2,300 फुट	एशिया	3,300 फुट
दक्षिणी अमरीका	3,100 "	अफ्रीका	2,200 "
यूरोप	1,100 "	आस्ट्रेलिया	700 "

वेगनर (Wegner) के अनुसार धरातल के 71.7% भाग पर जल और 28.3% भाग पर



चित्र 157—जलमण्डल



चित्र 158—स्थलमण्डल

स्थल क्षेत्र विस्तृत है। किन्तु क्रुमेल (Krummel) का विचार है कि धरातल के 70.8% भाग पर जल और 29.2% भाग पर स्थल पाया जाता है।²

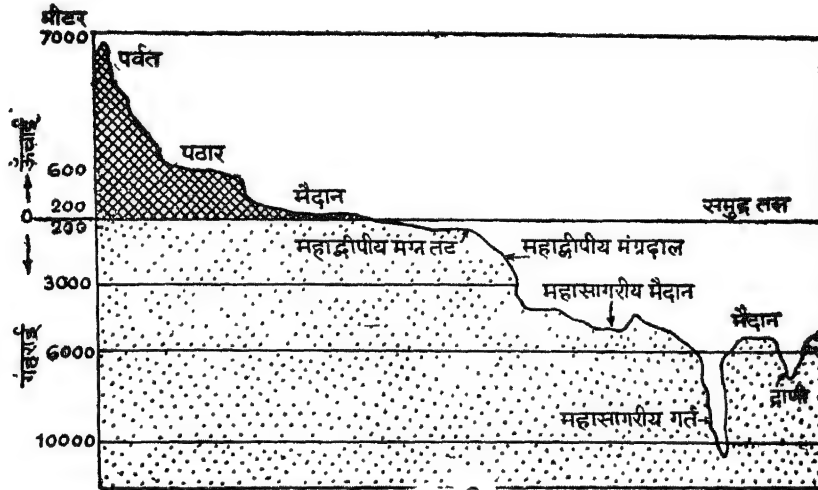
¹ N. E. Hinds : *Geomorphology*, 1943, p. 28

² P. Lake : *Geography*, 1952, p. 142

स्थल का सबसे बड़ा क्षेत्र उत्तरी गोलार्द्ध में है और जल का सबसे बड़ा भाग दक्षिणी गोलार्द्ध में। जल और स्थल के विस्तार में अधिकता होने के कारण पृथ्वी को दो भागों में विभक्त किया जाता है, जल गोलार्द्ध (Water hemisphere) और स्थल गोलार्द्ध (Land hemisphere)। स्थल गोलार्द्ध में 53% जल तथा जल गोलार्द्ध में 89% जल है।¹ विशेष महत्वपूर्ण बात यह है कि दक्षिणी गोलार्द्ध में 81% जल और 19% स्थल है जबकि उत्तरी गोलार्द्धों में यह प्रतिशत 40 और 60 है। उत्तरी और दक्षिणी गोलार्द्ध में जल का वितरण अक्षांशों के अनुसार निम्न प्रकार है ²

अक्षांश	उत्तरी गोलार्द्ध	दक्षिणी गोलार्द्ध
0	—	—
10	79 प्रतिशत	77 प्रतिशत
20	63 "	76 "
30	58 "	78 "
40	49 "	77 "
50	44 "	89 "
60	30 "	97 "
70	71 "	99 "
80	95 "	85 "
90	—	27 "

उपरोक्त गणनाओं के आधार पर भी यह बात स्पष्ट विदित होती है कि पृथ्वी के तीन-चौथाई भाग में जल और एक-चौथाई भाग में स्थल फैला हुआ है। साथ ही साथ समुद्र की औसत गहराई स्थल की औसत ऊँचाई से अधिक है। समुद्र की इस असाधारण गहराई के कारण ही



चित्र 159—समुद्र-तल के विभिन्न भाग

समुद्र का ज्ञान अभी तक सीमित है। समुद्र का तल कैसा है, किस प्रकार के जीव-जन्तु यहाँ निवास

¹ Klimm, L. E., Starkey, O. P.; and Russel, J. A. : *Introductory Economic Geography*, 1956, p. 28

² Nazir and Mathur : *Foundations of Geography*, Pt. I, p. 68

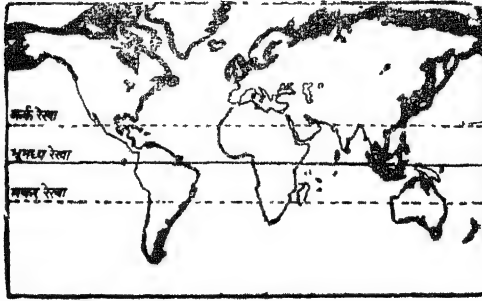
करते हैं और वहाँ कौन-सी वनस्पति पायी जाती है, आदि अनेक ऐसे प्रश्न हैं जो अभी भी मानव मस्तिष्क को उलझाये हुए हैं और जिनके बारे में यथोचित ज्ञान होना शेष है। परन्तु फिर भी यह बात सुनिश्चित-सी जान पड़ती है कि जिम प्रकार रंगल की बनावट ऊँची-नीची है उसी प्रकार समुद्र का तल भी समान नहीं है। बल्कि वह भी ऊँचा-नीचा है। उसमें भी पहाड़ियाँ हैं, मैदान हैं, पठार हैं और गहरे गर्त हैं।

यदि हम स्थल की ऊँचाई और समुद्र की गहराई को लेकर एक आरेख (Diagram) तैयार करें, जिसमें क्षेत्रफल आधार रेखा (Base line) के सहारे लम्बाई में और समुद्र-तल से नापी गयी ऊँचाई तथा गहराई इस रेखा से खड़े रूप में प्रदर्शित करें तो जो वक्र (curve) बनेगा, वह उच्चतामितीय वक्र (Hypsographic curve) होगा। यह वक्र धरातल के उच्चतम रूप—पहाड़ों के शिखर की अधिकतम ऊँचाई से लेकर महासागरी की अतल गहराई तक के क्रमिक ढाल को प्रदर्शित करता है। इस वक्र के रूप के अनुसार समुद्र का तल चार भागों में बाँटा जा सकता है :

- (1) महाद्वीपीय मग्नतट (Continental Shelf),
- (2) महाद्वीपीय मग्नढाल (Continental Slope),
- (3) गम्भीरसागरीय मैदान (Deep Sea Plain),
- (4) महासागरीय गर्त (Ocean Deeps)।

(1) महाद्वीपीय मग्नतट (Continental Shelf)—मग्नतट से अर्थ डूबे हुए तट से होता है। अतः महाद्वीपीय मग्नतट निश्चय ही स्थल के डूबे हुए भाग है। महाद्वीपों के तट के समीप जो भूमि जलमग्न हो जाती है वह मग्नतट बन जाती है। अतः समुद्र के तल का अति मन्द ढाल-युक्त वह भाग जो महाद्वीपों के चारों ओर फैला रहता है, महाद्वीपीय मग्नतट कहलाता है।

महाद्वीपीय मग्नतट एक प्रकार से छिछले समुद्री मैदान है जो कहीं भी 180 मीटर (600 फुट) से अधिक गहरे नहीं होते। किन्तु कुछ भागों में सीढ़ीदार (Terrace) कटाव के



कारण यह गहराई 1200 व 1800 फुट तक पहुँच जाती है। इनका विस्तार भी तटीय भूमि की रचना के अनुसार न्यूनाधिक होता है। यदि तट के समीप समतल मैदान है और उनका ढाल क्रमशः है तो मग्नतट का विस्तार अधिक होगा। किन्तु यदि तटीय भूमि की रचना पर्वतीय हुई तो मग्नतट का विस्तार अपेक्षाकृत कम होगा। जैसे आयरलैण्ड के पश्चिमी तट के समीप भूमि की रचना समतल होने से मग्नतट 50 मील चौड़ा है, परन्तु दक्षिण अमरीका के पश्चिमी तट पर एण्डाज पर्वत स्थित होने से मग्नतट का विस्तार बहुत ही कम है। प्रायः विस्तृत मग्नतट हिमनदीय तटों से सम्बन्धित पाये जाते हैं। बड़ी-बड़ी नदियों के मुहानों के समीप भी चौड़े मग्नतट देखे जाते हैं, जैसे उत्तरी साइबेरिया, पीला सागर और श्याम की खाड़ी के मग्नतट। परन्तु सभी बड़ी नदियों के समीपीय मग्नतट चौड़े नहीं होते। उदाहरणतः मिसिसिपी नदी के डेल्टा के निकट कोई बड़ा मग्नतट नहीं है। मग्नतट के विस्तार पर ही उसका ढाल निर्भर करता है। आयरलैण्ड के पश्चिम में मग्नतट का ढाल 1° से भी कम है। परन्तु वैसे भी ढाल 2° - 3° से कहीं अधिक नहीं होता। जहाँ समुद्र में बराबर ढाल आ जाता है वहाँ मग्नतट का अन्त और महाद्वीपीय ढाल का प्रारम्भ होता है।

महाद्वीपीय मग्नतटों के सम्बन्ध में शेपर्ड (Shepard) का कार्य महत्वपूर्ण है। उन्होंने संसार के लगभग सभी मग्नतटों की पैमाइश और अध्ययन किया। अपने अध्ययन के आधार पर वह इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि महाद्वीपीय मग्नतट का औसत विस्तार 42 मील और औसत गहराई 72 फीट¹ है। मग्नतट की सतह लगभग चौरस होती है, इसका औसत 0 07' होता है परन्तु भीतर की ओर का भाग कुछ अधिक ढालयुक्त होता है।

महाद्वीपीय मग्नतट प्रायः कम गहरे होते हैं। 600 फुट में कहीं भी अधिक गहराई नहीं पायी जाती। सूर्य की किरणें इतनी गहराई तक सरलता से प्रवेश कर जाती हैं। सूर्य के प्रकाश और गर्मी के फलस्वरूप यहाँ सामुद्रिक वनस्पति और जीवों की बहुलता रहती है। नदियों द्वारा लायी हुई कौप भी यहाँ बराबर बिछती रहती है। यह समुद्री जीवन की वृद्धि में और भी सहायक होती है। भोजन की प्रचुरता, सूर्य के प्रकाश और कम गहरे पानी के कारण मग्नतट मछलियों के बड़े भण्डार माने जाते हैं। संसार के वे सभी बड़े-बड़े स्थल जहाँ बड़ी मात्रा में मछलियाँ पकड़ी जाती हैं—जैसे ग्राण्ड बैंक और डॉंगर बैंक आदि—यही पर स्थित हैं। अतः मानव उपयोग की दृष्टि से समुद्र के ये स्थान अत्यन्त उपयोगी हैं।

मग्नतट की रचना किस प्रकार हुई, इस बारे में कोई एकमत नहीं है। कई विद्वानों की तो यह मान्यता है कि मग्नतट वस्तुतः समुद्र के नीचे भूमितट का ही एक मिलसिला है और इसलिए मग्नतट की अन्तिम सीमा ही महाद्वीपों की सही सीमा समझी जानी चाहिए। साथ ही साथ उनका यह भी कहना है कि प्राचीनकाल में समुद्र महाद्वीपीय मग्नढाल (continental slope) के ऊपरी सिर तक ही विद्यमान था, किन्तु बाद में किसी अज्ञात कारणवश समुद्र ऊपर चढ़ आया और महाद्वीपीय मग्नतटों को अपने अंक में छिपा लिया। इस मत के पक्ष में प्रायः यह तर्क उपस्थित किया जाता है कि नदी-घाटियाँ बिना अपने क्रम को भंग किये समुद्र में प्रवेश कर गयी हैं और वहाँ मग्नतटों को पारकर महाद्वीपीय मग्न ढालों पर जाकर खुलती हैं। उपरोक्त मत को यदि सही मान लें तो मग्नतट की रचना समुद्र-तल के ऊपर उठ जाने से अथवा भूमि के नीचे खिसक जाने के कारण हुई है।

कुछ विद्वानों का मत है कि यदि स्थल और समुद्र का सापेक्षिक तल अपरिवर्तित रहे तो लहरे और धाराएँ शनैः-शनैः तट भूमि को काटती रहेंगी। इस क्रिया के फलस्वरूप तट के भीतरी भाग की ओर कटाव होगा जिससे तट पर भृगु (cliffs) की रचना हो जायेगी। धीरे-धीरे इसका अवसाद तट पर बिछता जायगा जो कालान्तर में एक वेदी का रूप धारण कर लेगा। परन्तु इस प्रकार बनी वेदी की चौड़ाई चट्टानों की कठोरता, लहरों और धाराओं की तीव्रता तथा स्थल व समुद्र के तल के अपरिवर्तन की अवधि आदि बातों पर निर्भर होगी। प्रायः ऐसे मग्नतट कम चौड़े होते हैं। नाँव और आयरलैण्ड के चारों ओर ऐसे ही मग्नतट हैं।

अनेक विद्वानों की यह निश्चित धारणा है कि बहुत-से मग्नतटों की उत्पत्ति अन्तिम हिमयुग में बर्फीली चादरों (Ice Sheets) और हिमनदियों (Glaciers) के आगे-पीछे हटते रहने और समुद्र के तल (level) में परिवर्तन होते रहने से हुई है। हिमनदियों के आगे खिसकने के समय समुद्र का तल नीचा हो गया। फलस्वरूप मग्नतट बाहर निकल आया जिससे उस पर अपरदन की विधियों का प्रभाव पड़ा। हिमनदियों के पीछे हटते समय बर्फ पिघलने से समुद्र में पुनः जलराशि बढ़ती गयी, जिससे समुद्र का तल ऊपर उठ गया।

हिमयुग में समुद्र-तल (sea level) के नीचे हो जाने के परिणामस्वरूप तटभूमि का एक लम्बे समय तक लहरों द्वारा अपरदन हुआ होगा। इस क्रिया से समुद्र में एक वेदी (platform)

¹ 1 फीट = 6 फुट।

का निर्माण सम्भव हो सकता है जो समुद्र-तल के ऊपर उठ जाने पर मग्नतट में बदल गयी होगी। ससार के हिमघषित क्षेत्रों के चारों ओर पाये जाने वाले मग्नतट इसी प्रकार बने हैं। इसका स्पष्ट प्रमाण यह है कि ये मग्नतट हिमनदियों की गति से न केवल अधिक गहरे ही हो गये हैं, अपितु महाद्वीपीय मग्नतट भी घिस गये हैं। सेण्ट लारेंस तथा मेन की खाड़ी (Gulf of St. Lawrence and Maine) और दक्षिणी नॉर्वे के मग्नतटों पर पाये जाने वाले विशाल गर्त हिमनदियों के अपरदन का ही प्रभाव है।

उपरोक्त कारणों के अतिरिक्त मग्नतटों का निर्माण निक्षेप-क्रिया द्वारा भी सम्भव हो सकता है। भूमि का धरातल, वर्षा और नदियों द्वारा तथा भूमि-तट लहरों और धाराओं द्वारा कटता और विसता रहता है। इस कटान और घिसावट से उत्पन्न पदार्थ भूमि-तट के समीप पानी में संचित होता रहता है। परिणामस्वरूप महाद्वीपीय तट के समीप समुद्र-जल में एक ऊँची और विशाल वेदिका का निर्माण हो जाता है। इस वेदिका की अन्तिम सीमा वही होती है जिसके आगे लहरों और धाराओं का प्रभाव समाप्त हो जाता है। अतः समस्त पदार्थ इसी सीमा में संचित होते रहते हैं और वही उनका वितरण भी होता रहता है। किन्तु साथ ही यह जान लेना भी आवश्यक है कि यह सीमा कभी भी स्थायी नहीं होती। इस मत के अनुसार नदी-घाटियाँ जो मग्नतट से होकर समुद्र में भीतर प्रवेश कर गयी हैं, डूबी हुई नहीं हैं अपितु उनका निर्माण समुद्र में नदियों द्वारा पहुँचाये गये पदार्थों के निक्षेप (deposits) के कारण हुआ है। नदी जब समुद्र में प्रवेश करती है तो मध्य में सबसे अधिक वेगशाली प्रवाह रहता है। किनारों पर समुद्र के जल के कारण प्रवाह-शक्ति कमजोर पड़ जाती है। अतः किनारों पर प्रवाह की शिथिलता के कारण निक्षेप (deposits) बढ़ते जाते हैं। परन्तु धारा के मध्य में प्रवाह वेगशाली होने से कोई भी पदार्थ ठहर नहीं पाता। मग्नतट के ऊपर धारा (channel) का निर्माण मग्नतट के कटाव से नहीं, बरन मलवे के जमाव के कारण होता है। पश्चिमी अफ्रीका में कांगो (Congo) तट और संयुक्त राज्य अमरीका के अटलाण्टिक तट पर वर्तमान मग्नतट इसी प्रकार बने हैं।

अन्त में, यह कह देना सही होगा कि महाद्वीपीय मग्नतट का निर्माण न तो अकेले अपरदन क्रिया के द्वारा ही और न अकेले निक्षेप क्रिया के द्वारा ही होता है। दोनों ही क्रियाएँ साथ-साथ कार्य करती रहती हैं। अतः महाद्वीपीय मग्नतट का निर्माण दोनों ही क्रियाओं के सामूहिक प्रभाव का फल है।

भारत के मग्नतट—भारत में 100 फीट की समोच्च रेखा समुद्र की ओर मग्नतट की अन्तिम सीमा निर्धारित करती है। पूर्वी तट की अपेक्षा पश्चिमी तट की ओर मग्नतट की चौड़ाई अधिक पायी जाती है। पूर्वी तट की ओर मग्नतट की औसत चौड़ाई 50 किलोमीटर ही है जो कि पश्चिमी तट का लगभग एक-तिहाई है। गंगा, गोदावरी, कृष्णा, कावेरी आदि नदियों के मुहाने के सम्मुख मग्नतट की चौड़ाई 30 से 35 किलोमीटर ही पायी जाती है जबकि नर्मदा, ताप्ती, माही आदि नदियों के सामने मग्नतट सर्वाधिक चौड़ा है। पूर्वी तट की ओर मग्नतट का ढाल 21' है जबकि पश्चिमी तट की ओर मग्नतट का ढाल कन्याकुमारी के पास 10' एवं खम्भात की खाड़ी के पास 1' पाया जाता है।¹

(2) **महाद्वीपीय मग्नढाल (Continental Slopes)**—महाद्वीपीय मग्नतट की अन्तिम सीमा से ही मग्नढाल का आरम्भ होता है। मग्नढाल के प्रारम्भ से ही समुद्र में यकायक गहराई बढ़ जाती है। अतः ढाल का कोण ही मग्नतट और मग्नढाल के बीच वास्तविक भेद-रेखा है। सब जगह यह ढाल एक समान नहीं होता। यह कहीं कम और कहीं अधिक देखा जाता है। आयरलैण्ड

¹ Enayat Ahmed ; *Coastal Geomorphology of India*, 1972, p. 11-16

के समुद्रतट पर ढाल का कोण 5° है जबकि स्पेन के तट पर ढाल का कोण 36° है। इसकी गहराई 600 से 12,000 फुट तक मानी जाती है। परन्तु कहीं-कहीं इनकी गहराई 30,000 फुट तक भी पायी गयी है। ऐसे ढाल पूर्णरूप से पहाड़ी ढालों से मिलते-जुलते होते हैं। इनमें भी पहाड़ों के अनुरूप बड़े-बड़े खड्ड पाये जाते हैं। कुछ ढालों पर बीच-बीच में पठार तथा श्रेणियाँ हैं और कुछ ढालों पर भूगु (cliffs) भी देखी जाती हैं। प्रायः ढालों का बाहरी सिरा (outer edge) समतल होता है परन्तु उनमें यन्त्र-तन्त्र कैनियन (Canyons) भी देखे जाते हैं।

वस्तुतः महाद्वीपीय मग्नढाल भू-पृष्ठ के दो धरातलो को—अर्थात् मैदानों को जो समुद्र-तल से कुछ ऊँचाई पर होते हैं और समुद्र नितलो (sea bottom) को जो दो मील से अधिक गहरे होते हैं—जोड़ते हैं। यहाँ यद्यपि गम्भीरसागरीय पदार्थों का निक्षेप ही अधिक देखा जाता है। परन्तु स्थलवर्ती काँप भी यहाँ बिछती रहती है। नदियों द्वारा लाया हुआ कीचड़युक्त पानी इन ढालों पर बह जाता है और समस्त मलबा वहाँ एकत्रित होता रहता है। मलबे के डम एकत्रीकरण को देखकर ही एक समय कुछ विद्वानों ने यह विचारधारा प्रचलित की है कि इन ढालों का निर्माण महाद्वीपीय मग्नतटों के नीचे की ओर मुड़ जाने और साथ-साथ उन पर अवसाद की मोटी तहों के जमा हो जाने से हुआ है। परन्तु इन ढालों की स्थिति और उनका खड़ापन अवसाद के निक्षेप द्वारा स्पष्ट नहीं किया जा सकता। यही नहीं, बहुत-से ढालों के सिरों के पास ग्रेनाइट का पाया जाना और उस पर अवसाद की पतली परत उपरोक्त मत का पूर्णतया खण्डन कर देती है। स्पेन के तट के समीप महाद्वीपीय मग्नढाल एक बड़े शृंग (crest) की तरह दिखाई पड़ता है और जिसका ढाल 36° तक है, परन्तु पीरू तट के समीप ढाल 6° और आयरलैंड तट के समीप केवल 5° ही है। इन तथ्यों में यह स्पष्ट विदित होता है कि महाद्वीपीय मग्नढाल भू-गर्भिक हलचलों (tectonic feature) का ही प्रतिफल है। महासागरों के अधिकांश महाद्वीपीय मग्नढाल एक ओर हल्के पदार्थों से बने महाद्वीपों और दूसरी ओर भारी पदार्थों से बने समुद्री भागों के बीच सम्पर्क-स्थल (junction) पर आवर्तक भ्रंशनों (recurrent faulting) के द्योतक हैं। अतः इनकी उत्पत्ति के सम्बन्ध में भ्रंश परिकल्पना (fault hypothesis) को मान लेना ही अधिक युक्तिसंगत है। फिर बहुत-से महाद्वीपीय मग्न ढालों पर कैनियन तथा भूचाल-पट्टी का पाया जाना आदि तथ्य भी उपरोक्त मत को मान लेने में सहायता पहुँचाते हैं। बहुत-से स्थानों पर अपरदन तथा निक्षेप से महाद्वीपीय मग्नढालों में बड़ा परिवर्तन हो गया है।

अन्तःसमुद्री कैनियन (Sub-marine Canyons)—नदी की संकीर्ण और अत्यधिक गहरी घाटी को गम्भीर खड्ड या कैनियन (Canyon) कहा जाता है। ऐसे कैनियन न केवल महाद्वीपों पर वरन् महासागरों में भी पाये जाते हैं। समुद्र में मग्नतट और मग्नढालों पर ये कई जगह देखे जाते हैं। समुद्र के भीतर होने से ही इन्हें अन्तःसमुद्री कैनियन (Sub-marine Canyons) कहा जाता है।

अन्तःसमुद्री कैनियन मग्नतट और मग्नढाल दोनों पर फैले हुए पाये जाते हैं। परन्तु मग्नढालों पर पाये जाने वाले कैनियन अपेक्षाकृत बहुत अधिक गहरे होते हैं। मग्नतटों पर पाये जाने वाले अनेक कैनियन ऐसे स्थानों पर पाये जाते हैं जहाँ कि समीप ही निकटवर्ती स्थल भागों से नदियाँ आकर मिलती हैं। उदाहरणतः, सिन्धु, कांगो और हडसन नदियों के मुहानों के पास ऐसे कैनियन वर्तमान हैं। मग्नढालों पर बने कैनियन यद्यपि मग्नतटों पर फैले हुए पाये जाते हैं परन्तु उनका धरातली अपवाह (Land drainage) से कोई सम्बन्ध नहीं होता। यद्यपि यह सही है, उनमें धरातली नदियों की घाटियों के अनेक स्वरूप (features) पाये जाते हैं जैसे सहायक नदियों का टेढ़ा-मेढ़ा मार्ग और निम्न घाटियों की चौड़ाई की अधिकता आदि। किन्तु ये सब चिह्न 6,000 फुट की गहराई तक ही पाये जाते हैं। यहाँ पर पाये जाने वाले कैनियन एक मील से लेकर

दस मील तक चौड़े तथा खड़े ढाल वाले होते हैं। मग्नढालों पर ये बहुत अधिक गहरे दिखाई पड़ते हैं। यहाँ ये ठोस चट्टानों को काटकर 2,500 फुट तक गहरे हो गये हैं। बहुत-से खड्ड 6,000 फुट तक और कुछ 10,000 फुट तक भी गहरे देखे जाते हैं। गम्भीर समुद्रों की तली पर ये कहाँ जाकर समाप्त होते हैं, यह अभी भी अज्ञात है।

अन्तःसमुद्री कैनियन के निर्माण अथवा उत्पत्ति के सम्बन्ध में विद्वानों में कई मतभेद हैं। कई विद्वानों ने समुद्र में बने इन कैनियन और स्थल पर बने कैनियन के बीच समानता देखकर यह सुझाया है कि इनकी उत्पत्ति निश्चय ही अनाच्छादन के स्थलवर्ती साधनों (Sub-aerial) द्वारा हुई है। किन्तु कुछ विद्वानों ने इसके विपरीत अनाच्छादन के समुद्री साधनों (Sub-oceanic) द्वारा ही इनकी उत्पत्ति को सम्भावित माना है। अनाच्छादन के समुद्री साधनों (Sub-oceanic) द्वारा हुई उत्पत्ति की विचारधारा में डेली की घनत्व धारा साध्य (Suspension or Density Current Theory) विशेष महत्त्वपूर्ण है। डेली के मतानुसार हिमयुग में मग्नतट 300 फुट की गहराई तक बाहर निकल आये थे। इन पर हवा, लहरे, धाराएँ तथा ज्वार-भाटा आदि का प्रभाव हुआ, जिससे इनके ऊपर की चिकनी मिट्टी, कीचड़ व बालू आदि हटने लगी। इन सबके हटने से समुद्र के स्वच्छ जल से कीचड़युक्त पानी अपने घनत्व में अधिक हो गया और वह नीचे तली में बैठने लगा तथा मग्नतट के नीचे बहने लगा। मग्नतट के नीचे बहते समय इसका प्रवाह केन्द्रित हो गया। प्रवाह केन्द्रित हो जाने से वह नालियों में परिणत हो गया। मग्नतटों के बाहर मग्नढालों पर खड़े ढाल होने से इन उप-सामुद्रिक धाराओं की अपरदन-शक्ति बढ़ गयी जिससे इनकी गहराई अधिक हो गयी।

समुद्र की तली की भौतिक रचना के सम्बन्ध में वर्तमान ज्ञात सूचनाएँ डेली के मत के प्रतिकूल हैं। अतः अब डेली के विचारों की मान्यता घटती जा रही है। समुद्र-तली की खोज से यह पता चला है कि अन्तःसमुद्री कैनियन (Sub-marine Canyons) मग्नतट पर छिछले पानी में अरुद्ध नदी मुख (Estuaries) तक फैले हुए पाये जाते हैं जहाँ पर कि घनत्व धारा (Density or Suspension Currents) उत्पन्न ही नहीं हो सकती। इसके अतिरिक्त कीचड़ का जमाव मग्नतट के बाहर कभी भी अधिक नहीं होता।

आजकल विद्वानों की यह मान्यता है कि अन्तःसमुद्री गर्तों की रचना नदियों द्वारा ही हुई है। बहुत-से ऐसे गर्त नवीन बलित चट्टानों में बने हुए पाये जाते हैं। इससे यह प्रकट होता है कि किसी तीव्र विधि द्वारा ही इनका निर्माण हुआ है। शेपर्ड ने इस सम्बन्ध में यह मत प्रकट किया है कि हिमयुग में समुद्र-तल (sea level) 250 अथवा 300 फुट तक नीचे नहीं हुआ था, परन्तु बर्फ के परत और हिमनदियाँ इतनी मोटी थी कि समुद्र का तल लगभग 5,000 फुट नीचा हो गया। महाद्वीपों पर बर्फ का दबाव अधिक होने से महाद्वीपों के तट आगे को उभर गये होंगे जिससे मग्नतटों के अधिक खुले हुए भागों पर नदियों को अपरदन का अधिक अवसर मिला होगा। इसी से इन अन्तःसमुद्री कैनियन की रचना हुई।

(3) गम्भीरसागरीय मैदान (Deep Sea Plain)—महाद्वीपीय मग्नढाल के पश्चात् गम्भीर-सागरीय मैदान की शुरुआत होती है। समुद्र की तली का लगभग दो-तिहाई भाग गम्भीरसागरीय मैदान से घिरा हुआ है। इसकी औसत गहराई 12,000 से 18,000 फुट है। इसका क्षेत्रफल लगभग 98 लाख वर्गमील है। ये एक प्रकार के ऊँचे-नीचे मैदान हैं, परन्तु इनका ढाल क्रमिक होता है। धरातल से नदियों द्वारा बहाकर लायी गयी कोई भी वस्तु यहाँ तक नहीं पहुँच पाती। एल्बेट्रास (Albatross) अन्वेषक-दल को निरन्तर ध्वनीकरण (Echo-sounding) द्वारा यह ज्ञात हुआ है कि महासागरीय तल का पैदा आशा के विपरीत बहुत अधिक ऊबड़-खाबड़ है। विस्तृत अन्तःसमुद्री पठार तथा लम्बी आड़ी-तिरछी कटक (ridges) यत्र-तत्र मिलती हैं। ऐसी कटकों

कहीं-कहीं समुद्र-तल से ऊपर निकली होती है जो द्वीपों का निर्माण करती है। जापान द्वीप इसी प्रकार की कटक के ऊँचे उठे हुए भाग है। समस्त समुद्रों में साधारण ऊँचाई की कटकों मिलती है। इनके किनारे बड़े ढाल होते हैं। मैदान से प्रायः तीव्र ढाल वाली ज्वालामुखी श्रेणियाँ भी ऊपर उठी हुई देखी जाती हैं। हाल ही के अन्वेषण से विदित हुआ है कि मुख्यतः प्रशान्त महासागर में चपटे सिरे वाले पर्वत जो तल से लगभग आधे मील ऊँचे होते हैं, पाये जाते हैं। ऐसे अन्तःसमुद्री पर्वतों को ग्युयोट्स (Guyots) नाम दिया गया है।

महासागरीय तल का घरातल ठोस शैलो का बना हुआ नहीं होता। ये क्षेत्र मूलतः समुद्री जीव-जन्तुओं के अवशेषों, सूक्ष्म वनस्पति पदार्थों तथा कई प्रकार की बारीक पत्तियों (oozes) द्वारा ढके रहते हैं। अधिक गहरे स्थलों पर लाल-मृत्तिका और ज्वालामुखी राख के निक्षेप पाये जाते हैं।

(4) महासागरीय गर्त (Ocean Deep)—समुद्र की तली में यत्र-तत्र कई गहरे गर्त विद्यमान हैं जिन्हें महासागरीय गर्त (ocean deeps) कहा जाता है। इसके किनारे प्रायः एकदम ढाल होते हैं, परन्तु क्षेत्रफल में ये बहुत कम हैं। ये सम्पूर्ण समुद्र का लगभग 10 हजार वर्गमील क्षेत्र ही घेरे हुए हैं। यह एक आश्चर्य की बात है कि समुद्र के मध्य में इनका पूर्ण अभाव है। ये प्रायः समुद्र तटों की ओर हटकर पाये जाते हैं। जिन समुद्र तटों के भागों में प्रायः भूचाल के धक्के और ज्वालामुखी का प्रकोप होता रहता है वहाँ ये बहुतायत से मिलते हैं। प्रशान्त महासागर के दोनों किनारों पर (round the Pacific) ऐसे कई गर्त हैं। ये गहरे गर्त घोर अन्धकार और अत्यन्त शीतल जल से पूर्ण रहते हैं। इन गर्तों की 18,000 से 30,000 फुट के बीच गहराई पायी जाती है। ससार का सबसे गहरा गर्त फिलीपाइन के निकट 'स्वायर गर्त' है जिसकी गहराई 35,400 फुट है। सन् 1957 में सोवियत अनुसन्धान-पोत वित्याज पर सवार सोवियत महासागर-विदों ने पश्चिमी प्रशान्त महासागर में 6.8 मील गहरा मेरिआनास गर्त की खोज की है जो महासागरों में गहनतम हो सकता है।¹

ससार के समस्त महासागरों में अब तक लगभग 57 गर्तों की खोज की जा चुकी है। इन गर्तों में से 32 प्रशान्त महासागर, 19 अन्धमहासागर एवं 6 हिन्दमहासागर में हैं। कुछ प्रसिद्ध गर्तों का क्षेत्रफल और उनकी गहराई नीचे दी जा रही है।²

नाम	स्थान	क्षेत्रफल (हजार वर्गमील)	गहराई (फैदम)
1. टस्काटोरा या जापान	जापान के निकट	908	5,655
2. सुण्डा	पूर्वी हिन्द महासागर	883	3,828
3. पोर्टोरिको	पश्चिमी द्वीपसमूह	697	4,662
4. टोगा	मध्य दक्षिणी प्रशान्त महासागर	613	5,022
5. स्वायर या फिलीपाइन	उ०-प० प्रशान्त महासागर	550	4,767
6. रोमशे	दक्षिणी अन्ध महासागर	468	4,030
7. मरे	मध्य उत्तरी प्रशान्त महासागर	1,033	3,540
8. बलडीविया	दक्षिण अन्ध महासागर	1,136	3,134
9. चैलेन्जर	उत्तरी प्रशान्त महासागर	129	5,269

¹ अलक्जेंडर मारशैक : पृथ्वी और अन्तरिक्ष, पृ० 226

² R. C. Sharma and M. Vatal : *Oceanography for Geographers*, p. 44

उठ गयी है। एजोर्स (Azores), एमेशन (Ascension), सेण्ट पॉल्स राक्स (St Paul's Rocks) और ट्रिस्टन डी कुन्हा (Tristan de Cunha) आदि द्वीप सब इसी पहाड़ी के अंग हैं। इस पहाड़ी के दोनों ओर अधिकांशतः ढाल मन्द है। भूमध्यरेखीय भागों को छोड़कर इस पहाड़ी का कोई भी भाग 12,000 फुट से अधिक गहरा नहीं है। उत्तर की ओर यह पहाड़ी विस्तृत छिछले पानी के भाग से मिली हुई है जिसे उत्तर में टेलीग्राफ पठार (Telegraph Plateaux) कहते हैं। दक्षिण की ओर यह पहाड़ी काफी चौड़ी होती जाती है और धीरे-धीरे पूर्व की ओर मुड़ जाती है और वहाँ यह यकायक ही समाप्त हो जाती है। दक्षिणी अन्ध महासागर में जहाँ यह चौड़ी होती है, यह पश्चिमी अफ्रीका के मग्नतट के साथ बाल्फिम के उत्तरी-पूर्वी उभार (Welfish Ridge) द्वारा जुड़ी हुई है। उत्तरी अन्ध महासागर में भी एक आड़ी कटक (transverse ridge) ब्रिटिश द्वीपसमूह को ग्रीनलैण्ड से जोड़ती है। इसकी गहराई 500 फीट से भी कम है।

अन्ध महासागर में अनेक द्रोणियाँ स्पष्ट रूप से देखी जाती हैं जिनमें से मुख्य-मुख्य यहाँ नीचे दी जा रही हैं।

(1) उत्तरी अमरीका की द्रोणी (North American Basin)—यह द्रोणी पश्चिमी द्वीपसमूह के उत्तर-पूर्व और संयुक्त राज्य अमरीका के पूर्व में स्थित है। इसको पश्चिमी भारतीय द्रोणी (West Indian Basin) भी कहा जाता है।

(2) गायना की द्रोणी (Guiana Basin)—यह दक्षिणी अमरीका के गायना तट से कुछ दूर दक्षिण की ओर स्थित है। वस्तुतः यह उत्तरी अमरीका की द्रोणी का ही भाग है। अन्ध महासागर की सबसे अधिक गहराई इसी में पायी जाती है।

(3) ब्राजील की द्रोणी (The Brazilian Basin)—यह दक्षिणी अन्ध महासागर में अंगोला द्रोणी के ठीक विपरीत ब्राजील के पूर्वी तट पर विद्यमान है। इसके अन्दर एक बड़ा गर्त (Deep) है।

(4) अर्जेंटाइना की द्रोणी (Argentina Basin)—यह अर्जेंटाइना के पूर्वी तट पर स्थित है। इसमें एक बड़ा महासागरीय गर्त (Oceanic Deep) है।

(5) आइबेरिया की द्रोणी (Iberian Basin)—यह पुर्तगाल के पश्चिम में विद्यमान है।

(6) केप वर्ड की द्रोणी (Cape Verde Basin)—अफ्रीका महाद्वीप के पश्चिमी तट पर उभरे हुए भाग से कुछ दूर दो द्रोणियाँ हैं। इनमें उत्तर की ओर कनारी की छोटी द्रोणी है और दक्षिण में केप वर्ड की द्रोणी है।

(7) अंगोला की द्रोणी (Angola Basin)—यह ब्राजील की द्रोणी के ठीक सम्मुख अफ्रीका के पश्चिम में स्थित है।

(8) केप-द्रोणी (Cape Basin)—यह अफ्रीका के दक्षिण-पश्चिम में उत्तम आशा अन्तरीप के निकट स्थित है।

साधारणतः महासागरीय गर्तों का अभाव, विस्तृत और चौड़े मग्नतट तथा मध्य की पहाड़ी अन्ध महासागर की विशेषताएँ हैं।

अन्ध महासागर के द्वीप—वैसे तो इस महासागर में कई द्वीप हैं परन्तु ब्रिटेन और न्यू-फाउण्डलैण्ड जैसे 'महाद्वीपीय' द्वीप बहुत ही कम हैं। ये दोनों द्वीप मग्नतट के ऊपर उठे हुए भाग हैं और क्रमशः यूरोप तथा उत्तरी अमरीका महाद्वीपों के अंग हैं। पश्चिमी द्वीपसमूह की शृंखला भी मुख्य स्थल भाग से सम्बन्धित है। उत्तरी अन्ध महासागर में आइसलैण्ड तथा फेरोस द्वीप उत्तरी स्कॉटलैण्ड और ग्रीनलैण्ड के बीच अन्तःसमुद्री कटक के ऊपर उठे हुए भाग हैं। इसी प्रकार सुदूर दक्षिण में फॉकलैण्ड, दक्षिणी ओरकेनीज, शटलैण्ड, जॉर्जिया तथा सेण्डविच द्वीपसमूह भी अन्तःसमुद्री पठार और जटिल कटकों (ridges) के ऊपर उठे हुए अंग हैं, जो दक्षिणी अमरीका

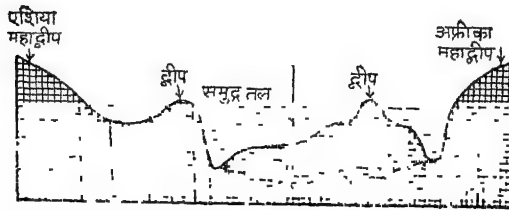
के अन्तिम छोर से अण्टार्कटिक महाद्वीप के ग्राहमलैण्ड प्रायद्वीप के मध्य फैले हुए हैं। वास्तविक महासागरीय द्वीप मध्य अटलाण्टिक कटक से प्रक्षेपित होते हैं। उत्तर में एजोर्स द्वीप तथा दक्षिण में एशेन्सन और ट्रिस्टन डी कुन्हा ऐसे ही द्वीप हैं। मध्यवर्ती कटक के पूर्व में सेण्ट हेलेना और पश्चिम में ट्रिनिडाड दोनों ही द्वीप गम्भीरसागरीय मैदान (deep sea plain) से ऊपर उठे हुए हैं। बरमूडा द्वीपसमूह प्रवालरचित है जो अन्तःसमुद्री ज्वालामुखी शकुओं पर आधारित हैं। मोरक्को तट से दूर मेडिरिया द्वीप पूर्णतः ज्वालामुखी पदार्थों से निर्मित है। अन्य महासागरों के अन्य कई द्वीप जैसे कनारी और केप वर्डे द्वीप समुद्र में मुख्य स्थल के प्रक्षिप्त पठारी भाग में ही ऊपर उठे हुए हैं। गायना की खाड़ी में भी अनेक ऐसे छोटे-छोटे द्वीप हैं।

तटीय समुद्र—दक्षिणी अन्ध महासागर में जिस प्रकार मग्नतटों का अभाव-सा है उसी प्रकार तटीय समुद्रों का भी है। इसके विपरीत उत्तरी अन्ध महासागर में महाद्वीप यूरोप के तटीय भागों के डूब जाने से न केवल वह एक प्रायद्वीप ही बन गया है, अपितु वहाँ कई विस्तृत तटीय समुद्रों की रचना हुई है। भूमध्यसागर, उत्तरी सागर और बाल्टिक सागर इनमें उल्लेखनीय हैं। भूमध्यसागर कई स्थानों पर 2,000 फुट से भी अधिक गहरा है। सर्वाधिक गहरा भाग 2,533 फुट है जो ग्रीस तथा क्रीट के मध्य में है। भूमध्यसागर डार्डनेलस जलसन्धि, मारमरा समुद्र और बासफोरस जलसन्धि द्वारा कालासागर से जुड़ा हुआ है। कालासागर की अधिकतम गहराई 1,227 फुट है। जिब्राल्टर जलसन्धि द्वारा भूमध्यसागर अन्ध महासागर से जुड़ा हुआ है। यहाँ इसकी गहराई 200 फुट है। इटली व यूगोस्लाविया के मध्य एड्रियाटिक समुद्र एक गहरा तटीय समुद्र है। उत्तरी सागर एवं बाल्टिक समुद्र छिछले समुद्र हैं। इनकी गहराई 100 फुट से भी कम है।

महासागर के अमरीका वाले भाग की ओर भी कई तटीय समुद्र हैं। हडसन की खाड़ी और बेफिन की खाड़ी 100 फुट से भी कम गहरी खाड़ियाँ हैं। ग्रीनलैण्ड तथा बेफिन द्वीप के मध्य डेविस जलसन्धि अन्ध महासागर को उत्तरी ध्रुव महासागर से जोड़ती है। दक्षिण में मेक्सिको की खाड़ी स्थित है। इसकी अधिकतम गहराई 2,080 फुट है। केरेबियन समुद्र की रचना बड़ी जटिल है। इसमें अनेक द्रोणियाँ तथा पहाड़ियाँ हैं। यहाँ बार्टलेट गर्त 3,937 फुट गहरा है।

प्रशान्त महासागर (Pacific Ocean)

प्रशान्त महासागर विश्व का सबसे बड़ा महासागर है। अपने तटवर्ती समुद्रों सहित यह विश्व के लगभग एक-तिहाई क्षेत्र को घेरे हुए है और विश्व के कुल स्थल भाग से इसका क्षेत्र लग-भाग $\frac{1}{3}$ अधिक है। आकार में यह एक बड़े त्रिभुज के समान है जिसका शीर्ष उत्तर में बेरिंग जलसन्धि है और आधार दक्षिण में अण्टार्कटिका महाद्वीप है। इसकी भुजाएँ सीधी न होकर टेढ़ी-मेढ़ी हैं। उत्तर से दक्षिण इसकी लम्बाई बेरिंग जल सन्धि से अडारे अन्तरीप तक 9300 मील है और विषुवत रेखा के सहारे चौड़ाई



चित्र 163—प्रशान्त महासागर का नितल

10,000 मील से भी अधिक है। इसका कुल क्षेत्रफल 700 लाख वर्गमील है।

प्रशान्त महासागर की तली—प्रशान्त महासागर की तली का अधिकतर भाग गम्भीर-सागरीय मैदान (Deep sea plain) से घिरा हुआ है। इस मैदान की औसत गहराई अन्य किसी

भी समुद्र के मैदान की अपेक्षा बहुत अधिक है। इसकी औसत गहराई 4,000 फैदम है। इसका धरातल सामान्यतः एकसमान है, किन्तु कुछ भागो में बड़ी विपरीतता देखी जाती है। यद्यपि यहाँ कोई क्रमबद्ध उभार नहीं है, परन्तु कई स्थानों पर महासागरीय तली का धरातल पठार के रूप में ऊपर उठ गया है। एल्बेट्राज पठार इसका अच्छा उदाहरण है।

इस महासागर के दक्षिण तथा मध्यवर्ती भाग में ऐसे कई बड़े क्षेत्र हैं जिनकी गहराई 12,000 फुट से भी कम है। मध्य प्रशान्त का उभरा हुआ भाग आस्ट्रेलिया के उत्तर-पूर्व में 40° अक्षांश तक तथा पूर्व में 150° देशान्तर तक फैला हुआ है। इन उभरे हुए भागों अथवा अन्तःसमुद्री पठारों (Sub-marine plateaux) पर अनेक द्वीपसमूह स्थित हैं। मध्य तथा दक्षिणी प्रशान्त के उभरे भागों पर अनेक ज्वालामुखी द्वीप विद्यमान हैं जो अधिकतर चाप के आकार में फैले हुए हैं। यहाँ अधिकांश द्वीपों के सिरो पर बड़ी मात्रा में प्रवाल रचनाएँ (Coral formations) पायी जाती हैं।

यद्यपि इस महासागर में अन्तःसमुद्री कटक (Sub-marine ridges) का अभाव है, परन्तु इसके पूर्वी भाग में पूर्वी प्रशान्त कटक (East Pacific Ridge) पायी जाती है। यह प्रशान्त के पूर्वी भाग में मध्य अमरीका से प्रारम्भ होकर दक्षिण पश्चिम की ओर फैलती हुई न्यूजीलैण्ड के दक्षिण में अण्टार्कटिक तक चली गयी है। यह 2,000 फैदम से भी कम गहरी है। यह कटक (ridge) प्रशान्त की मध्यवर्ती द्रोणी (depression) को दक्षिण अमरीका के पश्चिमी तट पर स्थित गहरी द्रोणियों से अलग करती है।

प्रशान्त महासागर के उत्तरी भाग में उत्तरी प्रशान्त नामक एक द्रोणी (North Pacific Basin) है जो 10° उत्तरी अक्षांश से कैरोलिन द्वीप के किनारे पूर्व की ओर फैल गयी है। इस द्रोणी का नितल बड़ा ऊबड़-खाबड़ है। इसमें यत्र-तत्र नुकीली चोटियाँ हैं जिनके सिरे घिस-घिसाकर समतल और चिकने हो गये हैं। इन नुकीली पहाड़ी चोटियों को 'गुयोट्स' (Guyots) कहते हैं।

उत्तरी प्रशान्त द्रोणी (North Pacific Basin) के दक्षिण में कैरोलिन की द्रोणी तथा उभार (swells) हैं। कैरोलिन का यह उभार लगभग 100 से 200 मील चौड़ा है। यह 12,000 फुट से 9000 फुट तक ऊपर उठा हुआ है और बहुत मन्द ढालयुक्त है। कैरोलिन के इसी उभार पर कैरोलिन द्वीपसमूह (Caroline Islands) स्थित हैं। इस उभार का कुछ भाग दक्षिण की ओर फैला हुआ है जो कैरोलिन की पश्चिमी और पूर्वी द्रोणियों को अलग करता है। सोलोमन द्वीपसमूह के उत्तर की ओर एक सोलोमन का उभार है जो कि 15,000 फुट गहरा है।

प्रशान्त महासागर के मध्यवर्ती भाग में अन्तःसमुद्री कूटों तथा द्रोणियों का पूर्ण अभाव है। इस भाग में बहुत सारी ज्वालामुखी चोटियाँ हैं जिन पर प्रवाल भित्तियाँ (coral reefs) खड़ी हैं।

प्रशान्त महासागर की मुख्य-मुख्य द्रोणियों का वितरण नीचे की तालिका में दिया गया है :¹

पश्चिमी प्रशान्त	मध्य प्रशान्त	पूर्वी प्रशान्त
(1) फिलीपाइन द्रोणी	(1) उत्तरी प्रशान्त की द्रोणी	(1) ग्वाटेमाला की द्रोणी
(2) कैरोलिन द्रोणी	(2) मौरियाना की द्रोणी	(2) पीरू की द्रोणी
(3) सोलोमन द्रोणी	(3) मध्य प्रशान्त की द्रोणी	(3) प्रशान्त-अण्टार्कटिका द्रोणी
(4) कोरल द्रोणी	(4) दक्षिणी प्रशान्त की द्रोणी	
(5) न्यू हैब्रैड्स द्रोणी	(इनमें टोंगा-कर्माडिक का	
(6) फीजी द्रोणी	निम्न तथा बार्ड का गर्त	
(7) पूर्वी आस्ट्रेलिया की द्रोणी	भी सम्मिलित है)	

¹ S. C. Chatterji : *Physical Basis of Geography*, p. 334

प्रशान्त महासागर की सबसे बड़ी विशेषता यह है कि इसमें मग्नतटों का विस्तार बहुत कम देखा जाता है। इसके अतिरिक्त इसमें अनेक सँकरे तथा गहरे गर्त हैं जो अधिकांशतः तटों के निकट स्थित हैं। ये गर्त प्रशान्त महासागर के सबसे गहरे भाग हैं। अब तक जो किसी भी महासागर में सर्वाधिक गहराई नापी गयी है वह सोवियत अनुसन्धान-पोत **वित्याज** पर सवार सोवियत महासागरविदों ने नापी है। अन्तरराष्ट्रीय भू-भौतिक वर्ष सन् 1957 में सोवियत वैज्ञानिकों ने पश्चिमी प्रशान्त में **ग्वाम** द्वीप से हटकर **मेरिआनास** खन्दक में 35,958 फुट अथवा 6 $\frac{3}{4}$ मील की गहराई का पता लगाया है। इस महासागर के अन्य प्रमुख गर्त निम्न हैं—**फिलीपाइन** के निकट **एमडम** गर्त (5,902 फैदम), **क्यूराइल** खन्दक में **तुस्क्रोरा** गर्त (4,655 फैदम), **जापान** खन्दक में **रामपोगर्त** (5,771 फैदम); **मेरिना** खन्दक में **मान्शू** गर्त (5,395 फैदम); **टोंगा-कर** मेडक खन्दक में **एल्ड्रीच** गर्त (5,155 फैदम); **एल्यूशियन** गर्त (4,199 फैदम) तथा **अटाकामा** गर्त (4,175 फैदम)।

प्रशान्त महासागर के द्वीप—प्रशान्त महासागर में असंख्य द्वीप हैं। अनुमान है कि इनकी कुल सख्या लगभग 20,000 है, किन्तु इनका क्षेत्रफल अपेक्षाकृत बहुत कम है। अधिकांश बड़े द्वीप मुख्य स्थल भागों के अंग हैं जो निमज्जित द्रोणियों द्वारा अलग हो गये हैं। इनमें पूर्व की ओर **एल्यूशियन**, **वैकुअर** तथा **चिलियन** द्वीपसमूह तथा पश्चिम में **क्यूराइल**, **जापान**, **फिलीपाइन**, **हिन्देशिया** व **न्यूजीलैण्ड** द्वीपसमूह हैं। इनमें से अधिकांश द्वीप वलित पर्व मामलों के अंग हैं, जिनमें कई ज्वालामुखी शिखर हैं।

प्रशान्त महासागर के अधिकतर छोटे एवं बिखरे हुए द्वीपसमूह दक्षिण-पश्चिम की ओर स्थित हैं। मोटे तौर पर इनके तीन बड़े समूह हैं—(1) **मलेनेशिया** (जिसमें **सोलोमन**, **न्यू हैब्राइड्स** और **फिजी** द्वीप हैं), (2) **मिक्रोनेशिया** (**केरोलाइन्स**, **मार्शल**, **गिलबर्ट** और **एलिस** द्वीप); (3) **पोलिनेशिया** (**लाइन** समूह, **कुक**, **सोसाइटी** एवं **टोमाटु** द्वीप)। उत्तरी प्रशान्त महासागर में **हवाई** द्वीप स्थित है। महासागर के पूर्व तथा उत्तर-पूर्व में द्वीपों का अभाव पाया जाता है। यहाँ कुछ एकाकी द्वीप हैं जैसे मध्य अमरीका के तट से 1,500 मील की दूरी पर स्थित **क्लिपर्टन**, **इक्वेडार** तट से 600 मील दूर **गेलोपागोस** द्वीपसमूह और **चिली** तट से 360 मील दूर **ईस्टर** द्वीप एवं **ज्वान फरनेण्डोज** द्वीप हैं।

प्रशान्त महासागर में महाद्वीपीय द्वीपों के अतिरिक्त ज्वालामुखी एवं प्रवाल द्वीप भी देखे जाते हैं। इस प्रकार **हवाई** द्वीप पाँच विभिन्न युगों के ज्वालामुखियों से बने हुए हैं। महासागर के उष्ण भागों में अनेक प्रवाल द्वीप स्थित हैं।

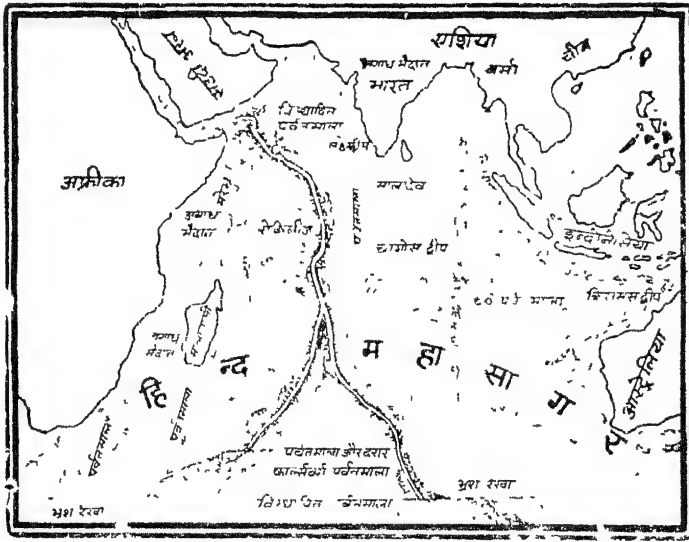
तटवर्ती समुद्र (Marginal Seas)—इस महासागर में तटवर्ती समुद्र मुख्यतः पश्चिम की ओर स्थित हैं। पूर्व की ओर अमरीकन तट की लम्बवत प्रकृति के कारण इनका अभाव पाया जाता है। इस ओर **केलीफोर्निया** की खाड़ी अपवादस्वरूप है। पश्चिम की ओर एशिया के मुख्य स्थल भाग और तटवर्ती द्वीप श्रृंखलाओं के बीच कई समुद्र स्थित हैं; जैसे **बेरिंग** समुद्र, **ओखोटस्क** समुद्र, **जापान** समुद्र, **पीत सागर**, **पूर्वी चीन** समुद्र, **दक्षिणी चीन** समुद्र तथा **सेलीबीज** तथा **बान्दा** समुद्र आदि। इनमें से कोई भी समुद्र (पीत सागर के अतिरिक्त) वस्तुतः छिछला नहीं है। अधिकांश समुद्रों का तल 1500 फैदम से भी गहरा है। **सेलीबीज** समुद्र की गहराई 2795 फैदम तथा **जापान** सागर की 1955 फैदम नापी गयी है। **आस्ट्रेलिया** के **इर्दे-गिर्द** **कारपेण्ट्रिया** खाड़ी, **अराफुरा** समुद्र तथा **बास** जलसन्धि स्थित हैं।

हिन्द महासागर (Indian Ocean)

आकार तथा विस्तार—हिन्द महासागर अपने क्षेत्रफल और विस्तार में उपरोक्त दोनों

महासागरों से छोटा है। अपनी आकृति में यह दोनों से भिन्न है। उत्तर की ओर यह स्थल से घिरा हुआ है और कर्क रेखा से कुछ ही आगे तक फैला हुआ है। दक्षिण में 20° पूर्व से 115° पूर्वी देशान्तर के बीच अण्टार्कटिक महाद्वीप का तट आ गया है। इसके तट अधिकांशतः प्राचीन पठारी भागों से सम्बन्धित है। केवल उत्तर-पूर्व में यह हिन्देशिया की द्वीप शृंखला और बर्मा के तट के सहारे वलित श्रेणियों से घिरा हुआ है।

हिन्द महासागर का तल—हिन्द महासागर अन्य दोनों महासागरों से कम गहरा है। कहीं भी इसकी गहराई डेढ़ मील से अधिक नहीं है। इसकी गहराई की भिन्नता भी बहुत कम है। इस महासागर के कुल क्षेत्रफल का 60 प्रतिशत भाग गम्भीरसागरीय मैदान है जिसकी गहराई 2000 से 3000 फीट के बीच है। इसमें महासागरीय गर्तों का लगभग अभाव है। केवल जावा के दक्षिण में सुण्डा द्वीप के चाप के समान्तर सुण्डा द्रोणी में एक गर्त है जिसकी अधिकतम गहराई 4076 फीट नापी गयी है।



चित्र 164—हिन्द महासागर का धरातल

इस महासागर में अनेक अन्तःसमुद्री कूट (sub-marine ridges) स्थित हैं, जिनमें मुख्य ये हैं।

(1) **कारपेण्टर कूट (Carpenter Ridge)**—यह कूट अण्डमान, निकोबार द्वीपों के पश्चिम में स्थित है। यह उत्तर-दक्षिण को फैली हुई है और समुद्र की तली से 2280 मीटर ऊपर उठी हुई है।

(2) **कार्ल्सबर्ग कूट (Carlsberg Ridge)**—यह हिन्द महासागर के पश्चिम में भारत तथा अफ्रीका के मध्य स्थित है। यह एक बड़ी ही वृहत् पहाड़ी है और अपनी लम्बाई के अधिकतर भाग में दोहरी है। यह ग्यार्डफ्यू अन्तरीप (Cape of Guardafui) और सोकोत्रा द्वीप के पास से प्रारम्भ होती है और दक्षिण-पूर्व दिशा में चागोज जलसन्धि तक जाती है। वहाँ यह पहले दक्षिण और फिर दक्षिण-पश्चिम की ओर मुड़कर रोड्रिगेज (Rodriguez) द्वीप तक चली जाती है। इस द्वीप के समीप इसकी ऊँचाई समाप्त हो जाती है। किन्तु समुद्र में दूर तक मध्य हिन्द महासागरीय कूट के रूप में फैली हुई है। दक्षिण में यह एक विस्तृत पठार का रूप ले लेती है जिसके ऊपर न्यू एम्स्टर्डम (New Amsterdam), सेण्ट पॉल (St. Paul), करग्यूलेन (Kerguelen), हर्ड (Heard) और मैकडोनाल्ड द्वीप खड़े हैं। अन्त में यह पहाड़ी अण्टार्कटिक महाद्वीप से मिल जाती है।

(3) **मरे कूट (Murray Ridge)**—यह कूट कार्ल्सबर्ग कूट के उत्तर-पश्चिम की ओर स्थित है। यह पहाड़ी भी दोहरी है। इसके बीच में गहरी घाटी बनी हुई है। यह कूट सिन्ध की किरथर श्रेणी के अन्तःसमुद्री विस्तार से सम्बन्धित ज्ञात होती है।

(4) **सैचेलैस-मोरिशस कूट (Seycelles-Mauritius Ridge)**—यह कार्ल्सबर्ग पहाड़ी के दक्षिण-पश्चिम में है।

(5) **90° पर्वतमाला**—हिन्द महासागर अभियान के अन्तर्गत हाल ही में एक विशाल पर्वतमाला का पता लगाया गया है जो लगभग 3,600 मील लम्बी और 8,000 फुट ऊँची है। यह पर्वतमाला अण्डमान-निकोबार पर्वत-श्रेणी के समान्तर है और भारत समीपस्थ समुद्र को हिन्देशिया समीपस्थ समुद्र से अलग करती है। उत्तर-दक्षिण को फैली यह पर्वतमाला 90° देशान्तर के समान्तर है, इसलिए इसे 90° पर्वतमाला नाम दिया गया है। एक ओर पर्वतमाला अफ्रीका के पूर्वी तट पर पायी गयी है जिसमें मालागासी द्वीप भी शामिल है। अन्य छोटी पर्वतमालाओं का भी पता चला है। वैज्ञानिकों का विचार है कि ये पर्वतमालाएँ महाद्वीपों के ही विस्तारित अंश हैं। ये सभी कुछ समय पहले ही बनी हैं और मध्यसागरीय पर्वतमालाओं के समान हैं लेकिन निर्वापित ज्वालामुखियों की तरह इनका निर्माण रुक गया है। ये पर्वतमालाएँ एक बार फिर यह प्रमाण प्रस्तुत करती हैं कि अफ्रीका, भारत, आस्ट्रेलिया और अण्टार्कटिक कभी एक विशाल स्थलखण्ड था जिसे 'गोंडवाना' नाम दिया गया था।¹

इस महासागर में कई अन्तःसमुद्री अवनालिकाएँ (sub-marine gullies) भी देखी जाती हैं। अरब सागर में सिन्धु नदी के मुहाने पर सिन्ध की अवनालिका है जो कि मग्नतट के सिरे पर 30 मीटर गहरी है। मुहाने के समीप इसकी गहराई 1134 मीटर तक बढ़ जाती है। बंगाल की खाड़ी में गंगा नदी के मुहाने पर भी ऐसी ही अवनालिका है। इसकी गहराई मग्नतट के सिरे पर 30 मीटर और मुहाने पर 1100 मीटर है। इरावदी नदी के मुहाने पर भी एक अवनालिका देखी जाती है। हाल ही के अभियान के समय आन्ध्र प्रदेश के तट पर तीन घाटियों का पता लगा है—कृष्णा (लगभग 3,884 फुट), महादेवन (लगभग 4,280 फुट) और आन्ध्र (लगभग 3,556 फुट)। आन्ध्र घाटी के दक्षिण में तीन छोटी घाटियाँ भी हैं। दक्षिण भारत और श्रीलंका के पास दो भव्य घाटियाँ हैं जो अमरीका की सुविख्यात 'ग्रेड कैन्यन' से भी बड़ी और सुन्दर हैं। इनमें से एक घाटी दो मील चौड़ी और 4,750 फुट गहरी है तथा दूसरी 7,800 फुट गहरी है।²

हिन्द महासागर के नितल निक्षेप (bottom deposits) के सम्बन्ध में जो जानकारी प्राप्त हुई है उसके अनुसार इस महासागर के मग्नतट का अधिकतर भाग भूमिज निक्षेप (terrestrial deposits) से ढका है। ज्यों-ज्यों हम दूर गहराई की ओर बढ़ते हैं गम्भीरसागरीय निक्षेप (pelagic deposits) बढ़ते जाते हैं। गहराई के अनुसार क्रमशः ग्लोबीजरीना, पेद्रोपाड, रेडियोलेरियन और डाइटम नामक पंक मिलते हैं। अन्त में लाल मृत्तिका मिलती है।

हिन्द महासागर के द्वीप—हिन्द महासागर में अनेक द्वीप हैं। इसके बड़े व छोटे द्वीप महाद्वीपों के ही अंश हैं। जैसे मेडागास्कर, श्रीलंका, सोकोतरा, जंजीबार व कोमोरो सब इसी श्रेणी में आते हैं। बंगाल की खाड़ी में स्थित अण्डमान व निकोबार द्वीप शृंखला बर्मा के अराकानयोमा पर्वत-श्रेणी के डूबे हुए भाग के अवशिष्ट चिह्न हैं।

हिन्द महासागर में फैले कई छोटे-छोटे द्वीप अन्तःसमुद्री कटकों के ऊपर उठे हुए भाग हैं। भारत के दक्षिण-पश्चिम में लकादीव और मालदीव समूह प्रवाल रचनाएँ हैं। दक्षिण में मध्यवर्ती

¹ दिनमान, सागर मन्थन लेख, 31 दिसम्बर, 1965, पृ० 26

² वही, पृ० 27

कूट पर भी ऐसे प्रवाल द्वीप हैं। करगुलेन द्वीप-सेण्ट पाल पठार से ऊपर उठा हुआ है, जबकि मारीशस और रियूनियन द्वीप दोनों ही मेडागास्कर के पूर्व में ढालू ज्वालामुखी शंकुओं के द्योतक हैं। हिन्द महासागर के पूर्वी भाग में द्वीपों का लगभग अभाव है। यहाँ केवल छोटे कोकोस समूह और क्रिसमस द्वीप अपवादस्वरूप हैं।

तटवर्ती समुद्र—हिन्द महासागर के निकटवर्ती पठारी तट अधिकांशतः तीव्र ढाल वाले और बिना बटे-फटे हैं अतः महासागर के निकट तटीय समुद्र बहुत ही कम है। अरब सागर और बंगाल की खाड़ी महासागर के आगे निकले हुए हिस्से हैं जो कि दक्कन के प्रायद्वीप द्वारा अलग हो गये हैं। मोजाम्बिक का जलमार्ग एक चौड़ी जलसन्धि है जो मेडागास्कर को मुख्य स्थल-भाग से अलग करती है। अण्डमान समुद्र वस्तुतः अण्डमान-निकोबार समूह और कारा स्थल-सन्धि के बीच एक द्रोणी है।

हिन्द महासागर के तटवर्ती सागरों में वस्तुतः लाल समुद्र और फारस की खाड़ी ही आते हैं। इसमें लाल समुद्र अफ्रीका और अरब के मध्य एक द्रोणी-घाटी का द्योतक है। इसका तट चट्टानी और ढालू है। सिनाय मरुस्थल में स्वेज और अकाबा की खाड़ियाँ इसके भाग हैं। लाल सागर बाबुल-मन्दप जलसन्धि द्वारा हिन्द महासागर से अलग हो गया है। फारस की खाड़ी एक छिछली द्रोणी है। यह ओमान प्रायद्वीप के कारण ओमान की खाड़ी और हिन्द महासागर से लगभग अलग हो गयी है।

उत्तरी ध्रुव महासागर

आकार तथा विस्तार—उत्तरी ध्रुव महासागर की आकृति मोटे तौर पर वृत्ताकार है जिसमें उत्तरी ध्रुव ग्रीनलैण्ड के समीप है। इसका क्षेत्रफल लगभग 55 लाख वर्गमील है जो कि प्रशान्त महासागर का केवल 12वाँ हिस्सा है। यह महासागर प्रायः चारों ओर स्थल से आबद्ध है। केवल 170° पश्चिमी देशान्तर के निकट सकीर्ण वैरिग जलसन्धि तथा ग्रीनलैण्ड, आइसलैण्ड तथा ब्रिटिश द्वीपसमूह के बीच यह खुला है। इस महासागर का अधिकांश भाग सदैव हिम से जमा रहता है।

महासागर की तली—इस महासागर की गहराई और उसकी तली के बारे में बहुत कम ज्ञान प्राप्त है। ऐसा विदित होता है कि वहाँ एक ही विस्तृत द्रोणी फैली हुई है। इस द्रोणी का नाम उत्तरी ध्रुवीय द्रोणी है। इसकी औसत गहराई 2000 फीट है। कुछ ही समय पूर्व सोनिक ध्वनियों द्वारा पता चला है कि 78° उत्तरी अक्षांश और 175° पश्चिमी देशान्तर के निकट इसकी अधिकतम गहराई है। यह गहराई 3076 फीट है। इस द्रोणी के ईर्द-गिर्द तटीय समुद्र हैं जो 1000 फीट से भी कम गहरे हैं।

तटीय समुद्र—उत्तरी गोलार्द्ध में महाद्वीपों के उत्तरी तटों के समीप छिछले तटीय समुद्र पाये जाते हैं। इनमें अलास्का के निकट ब्यूफार्ट समुद्र, साइबेरिया के निकट साइबेरियन और लेण्टेव समुद्र, ओब नदी और नोवाया जेम्लिया के बीच कारा समुद्र तथा नॉर्वे और स्पिट्सबर्जन के बीच बारेण्ट्स समुद्र उल्लेखनीय हैं।

महासागर के द्वीप—ध्रुवीय महासागर की द्रोणी के चारों ओर अनेक द्वीप हैं। अधिकांश द्वीप जैसे कैनेडियन द्वीपसमूह, न्यू साइबेरियन द्वीप तथा नोवाया जेम्लिया स्थलखण्डों के डूबे हुए तटों के अंग हैं। इनके निकट विस्तृत महाद्वीपीय मग्नतट फैले हुए हैं। इनके अतिरिक्त स्पिट्सबर्जन बियर द्वीप तथा जेन मेयन द्वीप अन्तःसमुद्री कटक के ऊपर उठे हुए भाग हैं।

दक्षिणी ध्रुव महासागर

यह महासागर दक्षिणी ध्रुव के चारों ओर स्थित है। इस महासागर के बारे में अभी यथोचित ज्ञान नहीं हो पाया है। अतः इसके सम्बन्ध में पूरी जानकारी सम्भव नहीं है। वैसे यह

क्षेत्रफल में उत्तरी ध्रुव महासागर से बड़ा है। यह अन्ध महासागर, प्रशान्त महासागर और हिन्द महासागर से मिला हुआ है। कठोर शीत के कारण यह ध्रुवों के समीप सदैव जमा हुआ रहता है।

महासागरों का मानव-जीवन पर प्रभाव

समुद्र की रचना बड़ी ही अलौकिक है। धरती का यह अलौकिक रूप मानव जाति के लिए कितना उपयोगी सिद्ध हुआ है, इससे प्रायः प्रत्येक व्यक्ति परिचित है। किन्तु समुद्रतट से दूर रहने वाले अधिकांश लोग आज भी समुद्र के महत्त्व को समझने में असमर्थ हैं। पर यदि तनिक भी गहराई से विचार किया जाय कि सृष्टि के आदिकाल से समुद्रों का जीव-जन्तुओं से कितना गहरा सम्बन्ध रहा है, जगत के बाह्य रूप को स्थिर करने में उनका कितना हाथ रहा है और आज भी हम उनके कितने आश्रित हैं तो हम महासागरों को अपने सगे-सम्बन्धी, पालक अथवा रक्षक के रूप में पा सकते हैं। यदि हम यह कहें कि आज धरातल के समस्त जीवन—वनस्पति एवं जीव-जन्तु आदि की सृष्टि का जनक समुद्र ही है तो इसमें कोई अत्युक्ति नहीं होगी, क्योंकि पृथ्वी से पहले जीवन समुद्रों से प्रारम्भ हुआ।

समुद्र का रूप बड़ा ही विराट है। धरातल का लगभग तीन-चौथाई भाग समुद्रों से घिरा हुआ है। समुद्र के इस विराट स्वरूप को देखकर लोगों को यह भ्रान्ति होने लगती है कि धरातल पर स्थल की अपेक्षा जल अधिक है। यही नहीं, जब लोग यह अनुभव करते हैं कि उनकी प्रमुख अथवा गौण लगभग सभी आवश्यकताएँ स्थल से ही पूरी होती हैं तो वे धरातल के तीन-चौथाई भाग में फैली इस विशाल जलराशि को व्यर्थ समझने की भूल भी करते हैं। किन्तु यदि सोचा जाय तो प्राणी और वनस्पति जीवन के विकास के लिए जल और स्थल का यह अनुपात अत्यन्त आवश्यक है। विभिन्न वनस्पतियों और प्राणियों के शरीर में सदा ही प्रचुर मात्रा में जल विद्यमान रहता है। मनुष्य के शरीर में 60 से 90 प्रतिशत, पशुओं में 40 से 50 प्रतिशत, पक्षियों में 75 प्रतिशत, जल-जीवों में 80 प्रतिशत तथा वनस्पतियों में 60 से 98 प्रतिशत तक जल का अंश विद्यमान रहता है। इससे सहज ही यह अनुमान लगाया जा सकता है कि जीवन विकास के लिए जल कितना महत्त्वपूर्ण और आवश्यक है। वस्तुतः हमें मानना पड़ेगा कि समस्त स्थलचरवासियों के लिए समुद्र वरदानस्वरूप है।

मानव-जीवन के लिए समुद्र की महत्ता स्वतः प्रकट है। मानव जीवन के लिए समुद्र उतना ही आवश्यक और लाभदायक है जितना कि स्थल। मानव-जीवन समुद्र द्वारा निम्न बातों से लाभान्वित होता है :

(1) **भूमि पर वर्षा**—मनुष्य जीवन की पहली और अनिवार्य आवश्यकता जल है। 'जल नहीं तो जीवन नहीं।' मनुष्य की इस आवश्यक पूर्ति का आदि-स्रोत समुद्र ही है। जो कुछ भी वर्षा हमारे धरातल पर होती है वह महासागरों से उठी हुई भाप ही है। महासागरों से भाप के रूप में उठा हुआ जल धरती की प्यास बुझाता है, लोगों की तृष्णा को दूर करता है, पशु-पक्षियों को अमरत्व प्रदान करता है और अनेक प्रकार की वनस्पति तथा फूल-पत्तियों को मुखरित करता है। परोक्ष रूप से संसार की गति का कारण समुद्र ही है।

वर्षा के विचार से धरातल के जलाशय नदी-नद, तालाब, झीलें आदि नगण्य हैं। क्योंकि ये सब सूखकर वाष्प रूप में बदल भी जाएँ तो उससे होने वाली वर्षा पृथ्वी की औसत वार्षिक वर्षा का केवल पन्द्रहवाँ भाग ही होगी। अतः धरातल पर जल वितरण का एकमात्र साधन ये समुद्र ही हैं।

(2) **तापमान का सन्तुलन**—धरातल के विभिन्न भागों पर जल का वितरण महासागरों के विशाल भण्डार से हुआ करता है। इस रूप में महासागरों का महत्त्व ऊपर स्वीकार किया जा

संसार में कुल पकड़ी गयी मछलियों में से 50% हिन्द महासागर, 47% अन्ध महासागर और 48% प्रशान्त महासागर में पकड़ी जाती है।

(4) खनिजों के भण्डार—समुद्र का खारा जल अनेक रासायनिक तत्त्वों का घोल है। समुद्र के जल में घुले हुए खनिज पदार्थों का हिसाब लगाकर देखा गया है कि उसमें कम या अधिक मात्रा में प्रायः अधिकांश तत्त्व विद्यमान मिलते हैं। उन पदार्थों की लम्बी सूची और सूक्ष्म मात्रा देना यहाँ सम्भव नहीं है। परन्तु यदि एक घन मील समुद्र के जल की छानबीन की जाय तो उसमें अकेला खाने का नमक ही डेढ़ अरब मन मिल सकता है। मैग्नीशियम खनिज इतनी मात्रा में उपलब्ध हो सकता है कि वर्षों तक सारे संसार के उपयोग में आता रहे। ब्रोमाइन लाखों मन मिल सकता है। आयोडीन की मात्रा 5 हजार मन मिलने से फोडे-फुसी और कटने पर लाखों मनुष्यों का काम निकल सकता है। ताँबा तो इतना निकले कि उसका पतला तार बना लेने पर हम पृथ्वी के चारों ओर लपेट सकते हैं। शायद उसकी मात्रा 15 हजार मन तक पहुँच जाय। लोहा भी कई लाख मन मिल सकता है। सोना-चाँदी भी क्रमशः 80 मन और 2½ हजार मन मिल सकता है। इन सब वस्तुओं की मात्रा एक औसत के रूप में बतायी गयी है। ये सब पदार्थ समुद्र-जल में घुल-मिलकर एक रूप में ही प्राप्त होते हैं। इनकी मात्रा जल की कुल 3½ प्रतिशत होती है। अन्तरराष्ट्रीय भू-भौतिक वर्ष 1957 में कौगडे सागर तल की खोजों से पता चला है कि प्रशान्त महासागर में एक ऐसा विस्तृत क्षेत्र है जहाँ मैग्नीज, कोबाल्ट, लोह तथा ताम्रयुक्त कीचड़ है। यह कीचड़ कम से कम पाँच लाख डालर प्रति वर्गमील मूल्य की है।¹

(5) अन्तरराष्ट्रीय व्यापार को लाभ—आधुनिक सभ्यता के विकास में अन्तरराष्ट्रीय व्यापार का महत्वपूर्ण भाग है। आज के युग में कोई भी देश स्वावलम्बी नहीं है। प्रत्येक देश एक-दूसरे पर निर्भर है। संसार के देशों के बीच यह अन्तर्निर्भरता और विकसित व्यापारिक सम्बन्ध समुद्री मार्गों के विकास से ही उत्पन्न हुए हैं। आज आवागमन के साधनों में ऐसा कोई साधन नहीं जो कि समुद्री मार्गों की तुलना कर सके। संसार का 80 प्रतिशत अन्तरराष्ट्रीय व्यापार समुद्रों द्वारा सम्पन्न होता है। इसका प्रमुख कारण यह है कि समुद्री यातायात में कई सुविधाएँ प्राप्त हैं; जैसे :

(1) ये ऐसे स्वतन्त्र राजपथ हैं कि जिन पर किसी का कोई अधिकार नहीं है। कोई भी इनके ऊपर आ-जा सकता है और दूर से दूर स्थानों की यात्रा कर सकता है।

(2) ये ऐसे मार्ग हैं कि जिन पर किसी को कोई खर्च करने की जरूरत नहीं होती। रेलों अथवा सड़कों की भाँति इनको बनाना नहीं पड़ता और न इनको सही हालत में बनाये रखने के लिए कुछ खर्च ही करना पड़ता है।

(3) अन्य मार्गों की अपेक्षा समुद्र कर (tax) आदि से भी मुक्त है।

(4) स्थल और वायु-मार्गों की अपेक्षा इनमें शक्ति (power) कम खर्च होती है और आदमियों की कम जरूरत होती है। इसलिए समुद्री यातायात सबसे सस्ता पड़ता है।

(5) रेलों अथवा हवाई जहाजों की तुलना में समुद्री जहाजों के बनाने में खर्च कम होता है और माल अधिक ढोया जा सकता है। अतः सभी लोग अन्तरराष्ट्रीय व्यापार में इसी साधन का उपयोग करते हैं।

उपरोक्त तथा अन्य कई सुविधाओं के कारण समुद्र आज हमारी सभ्यता के केन्द्र-बिन्दु बन गये हैं।

¹ अलक्जेंडर मारशैक : पृथ्वी और अन्तरिक्ष, पृ० 227

(6) जल-विद्युत के भण्डार—शक्ति के साधनों में जलशक्ति सबसे श्रेष्ठ है। पृथ्वी के गर्भ में छिपा कोयला और पेट्रोल कभी भी समाप्त हो सकते हैं परन्तु समुद्रों के रूप में जल-शक्ति कभी भी समाप्त नहीं हो सकती। इस प्रकार समुद्र जल-विद्युत के अक्षय भण्डार है। यही नहीं, शक्ति के अन्य साधनों की तुलना में जल-शक्ति सबसे सस्ती और सरलता से उपलब्ध की जा सकती है। समुद्रों द्वारा जल-शक्ति, ज्वार-भाटा, जल-गति और उसके तापमान में भिन्नता होने से प्राप्त होती है।

समुद्र के ज्वार-भाटे में कितनी शक्ति विद्यमान है यह सब कोई जानता है। ज्वार के समय जब समुद्र का जल जोर से आकर समुद्र तट पर गिरता है तो तट पर अपार शक्ति लगता है। वैज्ञानिकों का ऐसा अनुमान है कि संसार के भिन्न-भिन्न समुद्रों में आने वाले ज्वार से लगभग बीस अरब अश्व-शक्ति विद्युत उत्पन्न की जा सकती है। आजकल अमरीका, फ्रांस आदि देशों में तो इस शक्ति का प्रयोग भी किया जाने लगा है। अमरीका के केलीफोर्निया प्रान्त में बर्कले नामक शहर में दूसरी बड़ी लडाई के पूर्व एक यन्त्र द्वारा लहरो की शक्ति संचित कर लगभग दो करोड़ अश्व-शक्ति विद्युत उत्पन्न की गयी थी। समुद्र की भिन्न गहराइयों में पायी जाने वाली तापमान की भिन्नता का लाभ उठाकर जल-विद्युत तैयार करने का भी सफल प्रयोग किया गया है।

(7) स्वास्थ्यप्रद स्थान—समुद्र धरातल की जलवायु पर सम प्रभाव डालता है। इसलिए हम देखते हैं कि समुद्रतट पर बसे हुए नगर स्वास्थ्य की दृष्टि से सर्वोत्तम स्थान होते हैं। वहाँ गर्मी में अधिक गर्मी लगती है और न जाड़े में अधिक ठण्ड। इसलिए समुद्रतट पर रहने वाले लोग बड़े चुस्त, प्रसन्नचित और स्वस्थ होते हैं। यही नहीं, समुद्र की अनुपम छटा और जल-राशि लोगों के दिलों में नवीन प्रेरणा भरती है। खेलकूद, नौका विहार, तैरने तथा अनेक दूसरे मनोरंजन के लिए भी समुद्र अद्वितीय स्थान प्रस्तुत करते हैं।

इनके अतिरिक्त समुद्रों का एक दूसरा उपयोग और है। धरातल से अनेक प्रकार की अशुद्धियाँ समुद्र जल में प्रवेश करती रहती हैं। समुद्र जल उन सबका शोध करता रहता है। समुद्रतट पर स्थित बड़े-बड़े शहरों का मैला समुद्रों में ही डाला जाता है। बम्बई जैसे शहर का मैला भूमि पर ही यदि कहीं डाला जाय तो वह भाग कुछ ही दिनों में बदबू से सड़ उठेगा और वहाँ लोगों का रहना असम्भव हो जायगा, परन्तु समुद्र-तल में यह सब समा जाता है। वह उसमें समा ही नहीं जाता बल्कि शुद्ध भी हो जाता है। जो शहर समुद्रतट से दूर स्थित है, उनके मैले को हटाने की सभी जगह एक समस्या बनी हुई है और उसको हटाने के लिए लाखों रुपयों का हर वर्ष खर्चा करना पड़ता है। समुद्र में ज्वार-भाटा, लहरे और धाराएँ आदि समस्त गन्दगी को कुछ समय में ही दूर प्रवाहित कर देते हैं। इस प्रकार समुद्र लोगों के स्वास्थ्य की रक्षा करते हैं।

(8) अन्य लाभ—उपरोक्त बातों के अतिरिक्त समुद्र से अन्य कई लाभ प्राप्त होते हैं। समुद्र के गर्भ से हमें कई प्रकार के बहुमूल्य मूँगे और मोती मिलते हैं जिन्हें लोग आभूषणों के रूप में प्रयोग करते हैं। आजकल संसार में मूँगे तथा मोती की माँग इतनी अधिक बढ़ गयी है कि उसको पूरा करने के लिए कई देश नकली मोती और मूँगा तक तैयार करने लगे हैं। मूँगा और मोतियों के अलावा कई तरह के स्पंज, शंख, सीप व कौड़ियाँ आदि भी समुद्र के तल से प्राप्त होती हैं जिनके विविध प्रयोग तथा उपयोग सबको ज्ञात है जिनसे कि हमें कैल्शियम (Calcium) शुद्ध रूप में प्राप्त होता है।

इन वस्तुओं के अतिरिक्त समुद्री मछलियों से तेल निकाला जाता है जो बड़ा ही स्वास्थ्यप्रद होता है। इस गुण के कारण आज कई देशों में कॉड लीवर आयल (Cod liver oil), शार्क लीवर (Shark liver oil), हेलीबेट लीवर आयल (Halibet liver oil) इत्यादि बनाने का धन्धा खूब

उन्नत हुआ है। त्वेल जैसी विशालकाय मछलियों से तो तेल ही नहीं अनेक दूसरी उपयोगी वस्तुएँ भी प्राप्त होती हैं।

समुद्र से प्राप्त होने वाली घास भी कम महत्वपूर्ण नहीं होती है। समुद्री घास के आजकल कई प्रयोग होते हैं। खाद के रूप में इस घास की महत्ता सर्वविदित है। जानवरों तथा जल-जीवों के लिए यह उत्तम भोजन बनाती है। आजकल वैज्ञानिक खोजों के आधार पर इनके और कई प्रयोग निकल आये हैं। कई जगह इसका मनुष्य के भोजन के रूप में उपयोग किया गया है। इससे रंग, चटाइयाँ तथा औषधि के रूप में कई प्रयोग किये जाते हैं।

प्राचीनकाल में जहाँ सागर और महासागर एक देश को दूसरे देश से तथा एक महाद्वीप को दूसरे महाद्वीप से अलग करते थे वहाँ आज ये समुद्र संसार के समस्त महाद्वीपों और देशों को मिलाने वाले राजमार्ग हैं। इस रूप में महासागरों का जितना महत्व आँका जाय थोड़ा है

18

महासागरीय जल का तापमान (TEMPERATURE OF OCEAN WATER)

समुद्र-जल का तापमान मनुष्य जीवन को कितना अधिक प्रभावित करता है, यह भूगोल के प्रायः सभी विद्यार्थी जानते हैं। इसका प्रभाव सामुद्रिक जीवन पर ही नहीं होता अपितु पशुओं और पौधों पर भी होता है। तापमान के परिवर्तन से ही जलवायु में भी परिवर्तन हुआ करते हैं। अतः जलमण्डल का यह विषय एक अत्यन्त उपयोगी विषय बन गया है।

समुद्र मानव को भोजन प्रदान करता है। संसार के अधिकांश लोग मछलियाँ खाकर ही अपना पेट भरते हैं। यही नहीं, मछलियाँ उनकी जीविका का मुख्य साधन भी हैं। परन्तु मछलियाँ विशेष तापमान में बढ़ती हैं और भोजन की उपयुक्त सुविधा होने पर शीघ्रता से पनपती हैं। इसी प्रकार मछलियों का व्यापार और परिवहन भी तापमान पर निर्भर रहता है। इन्हीं सब कारणों से वैज्ञानिकों का ध्यान समुद्र-जल के तापमान के अध्ययन की ओर आकृष्ट हुआ। आज वैज्ञानिकों ने प्रायः सभी समुद्रों का तापमान ज्ञात कर लिया है।

स्थल की भाँति जल को प्राप्त होने वाले ताप का मुख्य साधन भी सूर्य ही है। सूर्य से विकिरण द्वारा प्राप्त सूर्यताप समुद्र-जल द्वारा अवशोषित (absorbed) किया जाता है। समुद्र-तल में ताप की अवशोषित मात्रा को थर्मोपाइल द्वारा नापा जा सकता है। वरसेली ने समुद्र-तल की ऊर्जा का मापन कर और विभिन्न समुद्रों के जल की तुलना कर यह बताया है कि सूर्यताप का अवशोषण समुद्र की ऊपरी सतह में एक मीटर गहराई तक अधिक होता है। यही कारण है कि समुद्र की ऊपरी सतह का तापमान उसकी उप-सतह और नितल के तापमान से बहुत अधिक होता है।

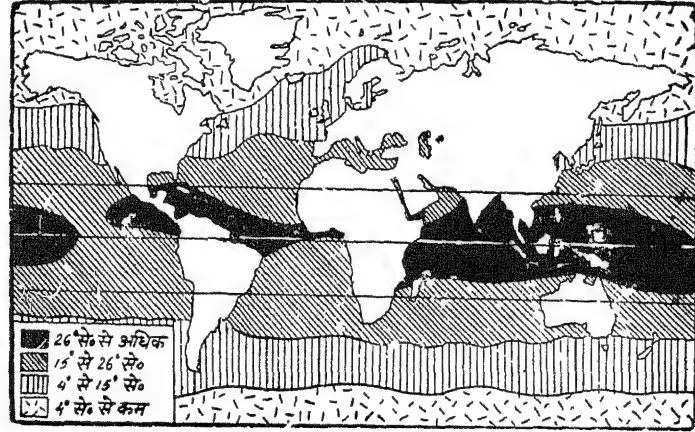
महासागरों में तापमान का वितरण

(Distribution of Temperature in the Oceans)

महासागरीय जल का तापमान सर्वत्र एकसमान नहीं होता। उसमें स्थानीय और सामयिक अन्तर पाया जाता है। खुले हुए महासागरों और स्थल से घिरे हुए समुद्रों के तापमान भिन्न-भिन्न होते हैं। महासागरों की ऊपरी सतह और उनके तल के तापमान में भी विभेद पाया जाता है। इस प्रकार महासागरीय जल का तापमान अक्षान्तर, प्रचलित हवाओं, धाराओं, लवणता, गहराई, समीपवर्ती स्थलखण्ड आदि कई बातों से प्रभावित होता है।

(1) अक्षान्तर—महासागरीय जल की ऊपरी सतह का तापमान अक्षान्तर के अनुसार बदल जाता है। भूमध्य रेखा के समीप ऊपरी सतह का तापमान 80° फा० के लगभग रहता है। भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर बढ़ने पर तापमान कम हो जाता है। तापमान का औसत 45° अक्षान्तर के समीप 60° फा० और ध्रुवों के समीप 29° फा० रहता है। ध्रुवों के समीप तापमान

के इतने कम होने पर भी लवणता के कारण पानी नहीं जमता। यद्यपि महासागरीय जल की ऊपरी सतह का तापमान भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर घटता जाता है परन्तु उसमें इतना अधिक विभेद नहीं पाया जाता है जैसा कि वायु के तापमान में पाया जाता है। इसका कारण यह है कि जल में ताप के अवशोषण की शक्ति सबसे अधिक है। इसलिए अन्य वस्तुओं की अपेक्षा जल देरी से गरम होता है और देरी से ही ठण्डा होता है। महासागरीय जल की यह विशेषता



चित्र 165—समुद्र-जल के तापमान का वितरण

वायुमण्डल के तापमान में अधिक विषमता नहीं होने देती। वह उसमें सन्तुलन बनाये रखती है। जैसे भूमध्य रेखा से 40° अक्षांतर तक समुद्र-जल का तापमान वायु के तापमान से कम रहता है किन्तु 40° अक्षांतर से ध्रुवों तक समुद्र-जल का तापमान वायु के तापमान से अधिक रहता है। यह स्थिति 40° अक्षांतर से ध्रुवों के बीच स्थित भू-भागों के लिए बड़ी लाभप्रद होती है। यहाँ जाड़ों में समुद्र स्थल की अपेक्षा सभी जगह अधिक गरम रहता है। इससे शीत कटिबन्ध के कई बन्दरगाह जाड़ों में भी खुले रहते हैं।

नीचे की सारणी में महासागरो की ऊपरी सतह पर अक्षांश के अनुसार ताप का वितरण (सेण्टीग्रेड में) दिखाया गया है :¹

उत्तरी गोलार्द्ध

अक्षांश	अन्ध महासागर	प्रशान्त महासागर	हिन्द महासागर
$0^\circ-10^\circ$	26.66	27.20	28.88
$10^\circ-20^\circ$	25.81	26.42	27.23
$20^\circ-30^\circ$	24.16	23.38	26.14
$30^\circ-40^\circ$	20.40	18.62	—
$40^\circ-50^\circ$	13.16	9.99	—
$50^\circ-60^\circ$	8.16	5.74	—
$60^\circ-70^\circ$	5.60	—	—

¹ H. U. Sverdrup : *Oceanography for Meteorologists*, 1945

दक्षिणी गोलार्द्ध

अक्षांश	अन्ध महासागर	प्रशान्त महासागर	हिन्द महासागर
0°—10°	25.18	26.01	27.41
10°—20°	23.16	25.11	24.85
20°—30°	21.20	21.53	22.53
30°—40°	16.09	16.98	17.00
40°—50°	8.68	11.16	8.67
50°—60°	1.76	5.00	1.63
60°—70°	1.30	1.30	1.50

(2) **प्रचलित हवा**—महासागरो की ऊपरी सतह के तापमान पर प्रचलित हवाओं का भी प्रभाव होता है। जब प्रचलित हवाएँ नियमित रूप से स्थल से समुद्र की ओर चलती हैं तो वे तट के समीप समुद्र की ऊपरी उष्ण जल-राशि को अपने साथ आगे बहा ले जाती हैं। इसकी पूर्ति के लिए समुद्र की तली से ठण्डा जल ऊपर उठता रहता है। फलस्वरूप वहाँ का समुद्र तट ठण्डा रहता है। इसके विपरीत, यदि प्रचलित हवाओं की दिशा समुद्र से स्थल की ओर हुई तो समुद्र तट पर उष्ण जल-राशि एकत्रित हो जायगी जिससे वहाँ समुद्रजल का तापमान ऊँचा रहेगा। सन्मार्गी हवाओं की पेटी में समुद्रों के पूर्वी भागों में तापमान ठण्डे जल के ऊपर उठने के कारण कम रहते हैं, परन्तु पश्चिमी भागों में उष्ण जल के संचित होने से तापमान अधिक रहते हैं। उदाहरणार्थ, दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट पर पीरू के समीप हवाएँ स्थल से समुद्र की ओर चलती हैं, अतः पीरू का तट सदैव ठण्डा रहता है। किन्तु पूर्वी-तट पर ब्राजील के समीप हवाएँ समुद्र से स्थल की ओर चलती हैं जिससे ब्राजील का तट हमेशा गरम रहता है।

(3) **धाराओं का प्रभाव**—प्रचलित पवनों की भाँति महासागरीय धाराएँ भी समुद्र जल के तापमान को प्रभावित करती हैं। भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर चलने वाली धाराएँ गरम होती हैं, इसलिए ये धाराएँ अपने साथ गरम प्रभाव ले जाती हैं। जैसे उत्तरी अन्धमहासागर में चलने वाली गल्फस्ट्रीम की धारा उत्तरी सागर के तापमान को तथा प्रशान्त महासागर में चलने वाली क्यूरोसिओ धारा अलास्का सागर के तापमान को बढ़ा देती है। इसके विपरीत ध्रुवों से चलने वाली धाराएँ ठण्डी होती हैं और अपने साथ शीतल प्रभाव ले जाती हैं। जैसे लेब्रेडोर की ठण्डी धारा कनाडा के पूर्वी तट का और क्यूराइल की ठण्डी धारा साइबेरिया के पूर्वी तट का तापमान घटा देती है।

(4) **समीपवर्ती स्थल खण्डों का प्रभाव**—खुले महासागरो की अपेक्षा स्थल से घिरे छोटे समुद्रों के तापमान पर समीपवर्ती स्थलखण्डों का विशेष प्रभाव पड़ता है। स्थल से घिरे हुए समुद्रों का तापमान खुले महासागरों की अपेक्षा उष्ण कटिबन्ध में अधिक तथा शीत कटिबन्ध में कम रहता है। भूमध्य रेखा के समीप खुले हुए महासागरों का औसत तापमान 80° फा० रहता है परन्तु स्थल से घिरे हुए लाल सागर का तापमान 90° फा० और फारस की खाड़ी का 94° फा० तक पहुँच जाता है। इसी प्रकार शीतोष्ण कटिबन्ध में उत्तरी सागर वर्ष भर खुला रहता है, परन्तु बाल्टिक सागर जाड़ों में जम जाता है।

(5) **अन्य प्रभाव**—महासागरो की ऊपरी सतह के तापमान पर पृथ्वी के परिभ्रमण, स्थल और जल के असमान वितरण एवं ऋतु-परिवर्तन का भी प्रभाव पड़ता है। समुद्री सतह के तापमान में भिन्नता कई स्थानीय कारणों से भी पायी जाती है। मेघाच्छन्नता, वायु की गति और ऋक्वात आदि भी समुद्री सतह के तापमान को कम प्रभावित नहीं करतीं।

महासागरों की ऊपरी सतह का तापमान (Temperature of the Ocean Surface)

साधारणतः महासागरों की ऊपरी सतह का तापमान भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर घटता जाता है। भूमध्य रेखा के समीप समुद्री सतह का तापमान 80° फा० से 85° फा० तक रहता है। भूमध्य रेखा से उत्तर एवं दक्षिण में 45° अक्षांतर के समीप यह तापमान और ध्रुवों के निकट 30° से 40° फा० रहता है। समुद्री सतह का सबसे अधिक तापमान 94° फा० फारस की खाड़ी में नापा गया है, क्योंकि यह चारों ओर स्थल से घिरी हुई है।

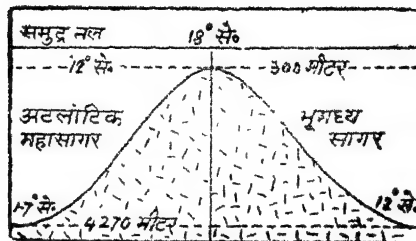
महासागरों की ऊपरी सतह का तापमान ऋतु परिवर्तन के साथ बदलता जाता है। शीतोष्ण कटिबंध में समुद्र जल की ऊपरी सतह के ग्रीष्म एवं जाड़े की ऋतु के तापमान में 90° फा० का अंतर पाया जाता है। भूमध्य रेखा एवं ध्रुवों के समीप यह अंतर बहुत कम होता है। महासागरों की ऊपरी सतह के तापमान में दैनिक तापान्तर कदाचित 1° फा० से ऊपर जाता है।

महासागरों का तापमान भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर कम होता जाता है, किन्तु दक्षिणी गोलार्द्ध की अपेक्षा उत्तरी गोलार्द्ध में तापमान अधिक रहता है। इसका कारण यह है कि उत्तरी गोलार्द्ध में जल की अपेक्षा स्थल अधिक है। इसके अतिरिक्त दक्षिणी गोलार्द्ध में महासागरों का विस्तार शीतोष्ण एवं शीत कटिबंध में अधिक है। फिर दक्षिण गोलार्द्ध के अन्ध महासागर, हिन्द महासागर और प्रशान्त महासागर ठण्डे दक्षिणी ध्रुव से मिले हुए हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में अन्ध एवं प्रशान्त महासागर उत्तरी ध्रुव महासागर से केवल संकीर्ण जल सन्धियों द्वारा जुड़े हुए हैं, इसलिए इनके बीच जल का स्वतन्त्रतापूर्वक समागम नहीं हो पाता है।

स्थल से घिरे हुए समुद्रों का तापमान

(Temperature of the Enclosed Seas)

खुले हुए महासागरों और भूमि से घिरे हुए समुद्रों के बीच तापमान में बड़ा भारी विभेद पाया जाता है। इस विभेद का मुख्य कारण समुद्रों में पायी जाने वाली अन्तःसमुद्री-कटकें



चित्र 166

(Sub Marine-Ridges) हैं जो पानी के स्वतन्त्र बहाव को रोक देती हैं। इससे तापमान के वितरण में भिन्नता उत्पन्न हो जाती है। उदाहरणतः, भूमध्य सागर जिब्राल्टर के निकट अन्तःसमुद्री-कूट द्वारा अन्ध महासागर से अलग हो गया है। अतः भूमध्य सागर का जल समान गहराई के होते हुए भी (14,000 फुट) अन्ध महासागर के जल से 20° फा० अधिक गरम रहता

है। जिब्राल्टर के निकट पहाड़ी पर अधिकतम गहराई 190 फीट है। इस गहराई तक दोनों समुद्रों का जल स्वतन्त्र रूप से मिलता रहता है। इस कारण 190 फीट गहराई तक दोनों समुद्रों के जल का तापमान भी समान रहता है। किन्तु अन्ध महासागर का गहरा ठण्डा जल भूमध्य सागर के जल से नहीं मिल पाता है। अतः भूमध्य सागर की तली के जल का तापमान वही रहता है जो बाहर से मिलने वाले ठण्डे जल का रहता है।

लाल सागर में भी तापमान की यही अवस्था देखी जाती है। बाबूल—मंदप जल-सन्धि के निकट पहाड़ी की रुकावट के कारण लाल सागर और हिन्द महासागर अलग हो गये हैं। इस स्थान पर समुद्र की सतह का तापमान 85° फा० पाया जाता है, परन्तु गहराई के साथ-साथ यह कम होता जाता है। इस स्थान की गहराई 200 फीट है। अतः इस गहराई पर जल का

तापमान 70° फा० रहता है। क्योंकि इस सीमा तक हिन्द महासागर का ठण्डा पानी लालसागर के पानी से मिलता रहता है। इस सीमा के बाद लालसागर के पानी का तापमान निम्नतम गहराई (1200 फैदम) पर भी वही रहता है जो कि पहाड़ी की सीमा (200 फैदम) पर पाया जाता है। किन्तु हिन्द महासागर के जल का तापमान गहराई के साथ उत्तरोत्तर कम होता चला जाता है। हिन्द महासागर की ओर अदन की खाड़ी में 1200 फैदम गहराई पर जल का तापमान 37° फा० पाया जाता है।¹

इस प्रकार का प्रभाव उत्तरी ध्रुव महासागर और उत्तरी अन्ध महासागर के बीच जल-परिवर्तन में देखा जाता है। स्कॉटलैण्ड के उत्तर से ग्रीनलैण्ड तक अन्ध महासागर के भीतर एक वायु विले थोम्सन नामक कटक फैली हुई है। इस कटक के ऊपर फेरोस (Faeroes) और आइसलैण्ड (Iceland) द्वीप खड़े हैं। यह कटक उत्तरी ध्रुव महासागर की तली (bottom) का ठण्डा जल उत्तरी अन्ध महासागर में आने से रोकती है। इसलिए उत्तरी अन्ध महासागरीय प्रवाह का गरम जल दक्षिणी-पश्चिमी यूरोप पर इतना अधिक प्रभाव डाल पाता है। इस कटक के अभाव में दक्षिणी-पश्चिमी यूरोप पर गरम धारा का इतना अधिक प्रभाव कभी सम्भव नहीं होता।² फिर भी किसी तरह उत्तरी ध्रुव महासागर का ठण्डा पानी डेविस जलसन्धि द्वारा लेब्रेडोर धारा के रूप में उत्तरी अन्ध महासागर में तथा बेरिंग जलसन्धि के द्वारा कामचटका धारा के रूप में उत्तरी प्रशान्त महासागर में मिलता रहता है।

उपरोक्त तथा ऐसे ही अनेक अन्य उदाहरण इस बात की पुष्टि करते हैं कि भूमि में घिरे हुए समुद्रों के जल का तापमान प्रायः वही होता है जो कि कटक की सतह पर वर्तमान जल का होता है।

गहराई के अनुसार तापमान का वितरण (Vertical Distribution of Temperature)

जिस प्रकार ऊँचाई बढ़ने के साथ-साथ तापमान घटता जाता है उसी प्रकार समुद्र में गहराई बढ़ने के साथ भी तापमान कम होता जाता है। समुद्रों में गहराई के साथ तापमान के ह्रास का कारण यह है कि सूर्य की किरणों का समुद्र में प्रभाव 600 फुट तक ही होता है। इसलिए 600 फुट की गहराई तक समुद्र-जल के तापमान में परिवर्तन होता रहता है। बाद में गहराई के साथ तापमान गिरता चला जाता है। विपुलत रेखा पर समुद्र-जल की ऊपरी सतह का तापमान 80° फा० रहता है, परन्तु 3,600 फुट की गहराई पर 40° फा०, 6000 फुट पर 38° फा० और 12,000 फुट पर तापमान 35° फा० ही रहता है। यह अनुमान लगाया है कि समुद्र की कुल जलराशि $\frac{1}{2}$ का तापमान 35° से 40° फा० के मध्य रहता है।³ किसी भी गहराई पर तापमान 34° फा० से नीचे नहीं जाता। महासागरों का जल लवणयुक्त होने से 28.5° फा० पर जमता है, परन्तु समुद्रों के निचले भागों में इतना कम तापमान कभी नहीं होता। इसीलिए ध्रुवीय क्षेत्रों में महासागरों का ऊपरी जल जम जाता है, किन्तु निचला भाग बर्फ से मुक्त रहता है। बर्फ सदैव जल से हल्की होती है। इसीलिए समुद्रों में जल के जमने पर बर्फ सतह पर उठ आती है और तैरने लगती है। यदि कहीं महासागरीय जल की ऊपरी सतह का तापमान अधिक हुआ तो बर्फ पुनः जल का रूप ले लेती है। यदि महासागरों के निचले भागों में जलहिम से मुक्त न रहे तो महासागरों में न केवल धाराएँ चलना ही बन्द हो जाएँ अपितु सभी जीव-जन्तु नष्ट हो जाएँ।

¹ H. R. Mill : *The Realm of Nature*, p. 191

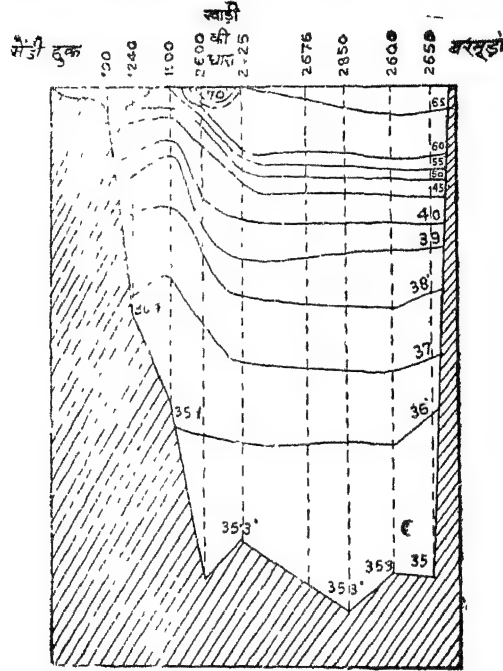
² Kellaway : *A Background of Physical Geography*, p. 111

³ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 299

नीचे दी गयी तालिका में समस्त समुद्रों में भिन्न-भिन्न गहराइयों का औसत तापमान दिखाया गया है।¹

गहराई (फैदम में)	तापमान (फा०)	गहराई (फैदम में)	तापमान (फा०)
100	60.7	900	36.8
200	50.1	1000	36.5
300	44.7	1100	36.1
400	41.8	1200	35.8
500	40.1	1300	35.6
600	39.9	1400	35.5
700	38.1	1500	35.2
800	37.3	2200	35.2

पृथ्वी के धरातल के समान समुद्रों में भी गर्मी का एकमात्र आधार सूर्य ही है। सूर्य के प्रभाव से ही समुद्र का जल गरम होता है। परन्तु जल सूर्य के ताप को एकदम भीतर नहीं पहुँचा पाता। यदि सूर्य बराबर चमकता रहे और समुद्र-जल भी शान्त हो तो सूर्य का ताप धीरे-धीरे पूरी गहराई तक भीतर पहुँच जायगा। किन्तु ध्रुवों के समीप ग्रीष्मऋतु में भी सूर्य की किरणों का बहुत क्षीण प्रभाव होता है। इसलिए वहाँ समुद्र का जल सदा ही ठण्डा रहता है।



चित्र 167—गहराई के अनुसार तापमान पानी समुद्र के नितल से भूमध्य रेखा की ओर चलता है। भूमध्य रेखा पर कभी भी जल अधिक गहराई तक गरम होने के लिए लम्बे समय के लिए ठहरा नहीं रहता।

तापक्रम के लम्बवत वितरण की विशेषताएँ—तापमान के लम्बवत वितरण की अग्रलिखित विशेषताएँ उल्लेखनीय हैं :

¹ C. S. Fox · *Physical Geography for Indian Students*, p. 381

(1) सामान्यतः समुद्री सतह के नीचे गहराई के साथ तापमान घटता जाता है, किन्तु तापमान घटने की दर सर्वत्र समान नहीं होती। दो हजार मीटर के नीचे तापमान में परिवर्तन प्रायः नगण्य सा होता है।

(2) भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर गहराई के साथ तापमान की गिरावट एक समान दर से नहीं होती। एक ओर जहाँ समुद्री सतह का तापमान भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर निरन्तर घटता जाता है वहाँ समुद्र के नितल का तापमान भूमध्य रेखा से ध्रुवों तक समान ही रहता है। फलस्वरूप भूमध्य रेखा पर गहराई के साथ तापमान के घटने की दर जहाँ तीव्र होती है वहाँ ध्रुवों की ओर गिरावट की यह दर कम होती जाती है। 'जर्मन अण्टार्कटिक खोज' के आधार पर सन् 1911 में यह विदित हुआ कि $7\frac{1}{2}^{\circ}$ उ० अक्षांश पर 100 मीटर की गहराई पर जितना तापमान था उतना ही तापमान 40° उ० अक्षांश पर समुद्री सतह का था। इसी प्रकार 200 मीटर गहराई का तापमान 50° उ० अक्षांश तथा 800 मीटर गहराई का तापमान 60° उ० अक्षांश के समुद्री सतह के तापमान के बराबर था।

(3) भूमध्यरेखीय क्षेत्रों में प्रतिदिन की भारी वर्षा के कारण वहाँ की लवणता कम हो जाती है। इसी के फलस्वरूप वहाँ सतह के नीचे उच्च तापमान तथा उच्च लवणता पायी जाती है। किन्तु अधिक गहराई पर पुनः तापमान घटने लग जाता है।

(4) सामान्यतः समुद्रों में 30 फीट की गहराई पर दैनिक तापान्तर तथा 600 फीट की गहराई पर वार्षिक तापान्तर नहीं होता।

(5) महासागरो के जिन क्षेत्रों से सतह का जल बहा लिया जाता है और नीचे से जब ऊपर आता है, ऐसे क्षेत्रों में सतह का तापमान घट जाता है और गहराई के साथ तापमान की गिरावट धीमी होती है। इसके विपरीत जिन क्षेत्रों में गर्म जल एकत्रित होता है वहाँ तापमान की अधिकता हो जाने से गहराई के साथ तापमान की गिरावट तीव्र गति से होती है।

(6) कतिपय समुद्रों में अधिक गहराई पर भी उच्च तापमान पाये जाते हैं। सारगैसो सागर, लालसागर व भूमध्य सागर इसके उदाहरण हैं। लालसागर में 6 हजार फुट की गहराई पर 70° फा० तापमान पाया जाता है जबकि हिन्द महासागर में इसी गहराई पर 38° फा० तापमान ही मिलता है। तापमान की ऐसी अवस्थाएँ निम्न अक्षांशों के सीमान्त एवं बन्द समुद्रों में मिलती हैं। उच्च अक्षांशों में बन्द सागरो के तापमान में प्रतिलोमता पायी जाती है।

महासागरों का ताप बजट (Heat Budget of the Oceans)

वायुमण्डल की भाँति यद्यपि महासागरो के ताप का मुख्य साधन भी विकिरण ही है, परन्तु महासागरों के ताप बजट पर विकिरण के अतिरिक्त वायुमण्डल के बोधगम्य ताप के आदान-प्रदान, वाष्पीकरण की क्रिया, ऊर्जा-शक्ति का ताप के रूप में परिवर्तन, रासायनिक क्रिया द्वारा प्राप्त भू-गर्भ से सागरीय तल द्वारा ताप के संवहन तथा जलवाष्प के सघनन द्वारा प्राप्त गुप्त ताप आदि बातों का भी बहुत प्रभाव पड़ता है।

महासागरो में सूर्य और आकाश से विकिरण द्वारा छोटी लहरों के रूप में प्राप्त होने वाले सूर्यताप की वार्षिक मात्रा उनसे बाहर निकलने वाले विकिरण ताप से अधिक होती है। ऐसा अनुमान है कि विषुवत रेखा के 70° अक्षान्तर उत्तर और 70° अक्षान्तर दक्षिण के मध्य समस्त महासागरों के ऊपर सूर्य और आकाश से प्राप्त विकिरण-ताप का औसत लगभग $0.22 \text{ gr. cal./cm.}^1/\text{min.}$ होता है। इसके विपरीत महासागरीय जल से ताप की बाहर निकलने वाली मात्रा 50 और 80 $\text{gr. cal./cm.}^2/\text{year}$ होती है। मासली नामक वैज्ञानिक ने विभिन्न अक्षांशों पर

विकिरण ताप की प्राप्ति और महासागरो द्वारा विकिरण ताप को लौटने के सम्बन्ध में अनुमान लगाकर यह बताया है कि 0° से 20° उत्तरी अक्षांशों के बीच विकिरण से प्राप्त अतिरिक्त ताप का वार्षिक औसत लगभग $0.17 \text{ gr cal./cm}^2/\text{min}$ होता है और 60° से 70° उत्तरी अक्षांशों के बीच अतिरिक्त ताप की मात्रा का औसत $0.04 \text{ gr. cal/cm}^2/\text{min}$ होता है।

महासागरीय जल का विकिरण ताप का अवशोषण करना और पुनः उसे वायुमण्डल को लौटाना एक बहुत ही महत्वपूर्ण व्यवस्था है। महासागर विकिरण ताप के अधिकांश भाग का अवशोषण कर उसे मिश्रण क्रिया द्वारा बहुत अधिक गहराई तक पहुँचा देते हैं। महासागरीय जल का यही ताप धरातल के ऊपर तापमान के सन्तुलन को बनाये रखने में मदद करता है। अतः जब कभी वायु समुद्री सतह से ठण्डी होती है तो समुद्र से ताप वायुमण्डल को पहुँचा दिया जाता है। इस प्रकार पृथ्वी पर किसी भी स्थान की जलवायु बहुत अधिक विषम नहीं होने पाती, क्योंकि महासागर जलवायु पर तापीय-स्थिरता (thermo-static) के रूप में प्रभाव डालते हैं।

19

महासागरों की लवणता

(SALINITY OF THE OCEANS)

समुद्र-जल में लवणों की उत्पत्ति

जल में प्रायः सभी वस्तुओं को घुला लेने का गुण है। नदियों के स्वच्छ जल में सदा ही कुछ न कुछ मात्रा में लवण पदार्थ घुले हुए रहते हैं। नदियाँ जब धरातल से बहकर समुद्र में प्रवेश करती हैं तो समुद्र में निरन्तर लवण पदार्थ पहुँचाती रहती हैं। समुद्रों में वाष्पीकरण (evaporation) से स्वच्छ जलवाष्प बनकर उड़ता रहता है, किन्तु ये घुले हुए ठोस पदार्थ (नमक) वहीं रह जाते हैं, इस कारण समुद्रों का जल शनैः-शनैः अधिकाधिक लवणयुक्त होता जा रहा है। प्रतिवर्ष संसार की नदियाँ लगभग 16,00,00,000 टन नमक बहाकर समुद्र में निक्षेपित कर देती हैं। अतः समुद्र-जल की लवणता का मूल कारण नदियाँ ही हैं।

यदि हम समुद्र-जल और नदियों के जल के रासायनिक मिश्रण की परीक्षा करें तो ज्ञात होगा कि दोनों में बड़ा भारी विभेद है। रासायनिक विश्लेषण द्वारा ज्ञात हुआ है कि नदियों के स्वच्छ जल में लवणता का औसत केवल 0.18% है जबकि समुद्र जल का औसत 35% है। नदियों के स्वच्छ जल में सोडियम और क्लोरीन कम मात्रा में परन्तु कैल्शियम सल्फेट और कार्बोनेट अधिक मात्रा में पाया जाता है। इससे स्पष्ट है कि समुद्र का जल निश्चय ही अपने मिश्रण में निरन्तर बदलता रहा है।

समुद्र की लवणता का कारण केवल नदियाँ ही नहीं हैं। नदियाँ प्रतिवर्ष जो लवण पदार्थ समुद्र में पहुँचाती हैं, वह समुद्र के कुल लवण पदार्थों का बहुत ही सूक्ष्म अंश होता है। लवणों की यह सूक्ष्म मात्रा भी समुद्र में नहीं रहती, क्योंकि कुछ भाग वर्षा के द्वारा बहकर चला जाता है, कुछ समुद्री जीव-जन्तुओं और पौधों द्वारा ग्रहण कर लिया जाता है और कुछ वायु द्वारा समुद्रों से स्थल भागों को पहुँचा दिया जाता है। अतः यह कहा जा सकता है कि नदियाँ यद्यपि समुद्र के जल को पृथ्वी के इतिहास के प्रारम्भ से ही रासायनिक दृष्टि से प्रभावित कर रही हैं, किन्तु यह प्रभाव बहुत ही सूक्ष्म रूप से हो रहा है। समुद्र का जल अपने सुमिश्रण की दृष्टि से आज भी वही है जो कि पृथ्वी पर आरम्भ में था। समुद्र-जल में अधिकतर लवण पदार्थ प्रारम्भ में पृथ्वी की तप्त पपड़ी की चट्टानों से ही प्राप्त हुए हैं। उस समय तापमान और वायुदाब की अवस्थाएँ वर्तमान काल से मिश्रण के लिए अधिक उपयुक्त थीं। वे लवण पदार्थ आज भी ज्यों के त्यों समुद्र में उसी अनुपात में विद्यमान हैं। इसके अतिरिक्त अभी भी समुद्र में ऐसी रासायनिक क्रियाएँ विद्यमान हैं जो समुद्र में स्वच्छ जल के पहुँचने पर विभिन्न लवणों के अनुपात को बदलती रहती हैं। समुद्र-जल के घोल में आज वह सभी तत्त्व विद्यमान हैं जो कि पृथ्वी के धरातल की धातुओं को बनाते हैं।

समुद्र-जल की लवणता और उसकी संरचना

महासागरीय लवणता उस अनुपात को कहते हैं जो कि घुले हुए पदार्थों की मात्रा और समुद्र-जल की मात्रा में होता है। ओमनी (Ommanney) के अनुसार, 'समुद्र-जल में पाये जाने वाले समस्त लवणों का योग समुद्र की लवणता कहलाता है और इसका अर्थ उन घुले हुए खनिज तत्वों से होता है जो कि समुद्र-जल में एक निश्चित अनुपात किन्तु भिन्न मात्राओं में मिले हुए होते हैं।'

समुद्र का जल पृथ्वी के धरातल के कई खनिज तत्वों का घोल (solution) है। परन्तु इसमें कुछ अश कार्बनिक लवण (organic salt) का भी रहता है। यह अनुमान लगाया गया है कि प्रति घन किलोमीटर समुद्र में $4\frac{1}{2}$ करोड़ टन नमक है। यदि समुद्र-जल के नमक को फैलाया जाय तो सम्पूर्ण पृथ्वी पर 400' उँची परत जम सकती है। समुद्र-जल के घोल में खाये जाने वाले नमक (common salt) का ही सबसे महत्वपूर्ण सम्मिश्रण है। परन्तु कई दूसरे नमक भी उसमें पाये जाते हैं। समुद्र में औसत रूप से 1000 ग्राम जल में 35 ग्राम लवण पदार्थ होते हैं। डिटमार (Dittmar) ने सन् 1884 में चैलेजर अभियान (expedition) के समय समुद्र के लग-भग सभी भागों और गहराइयों से जल के 77 नमूने लेकर समुद्र-जल की लवणता का विश्लेषण किया, जो इस प्रकार है :

नमक	प्रतिशत
1. सोडियम क्लोराइड	27.213
2. मैग्नीशियम क्लोराइड	3.807
3. मैग्नीशियम सल्फेट	1.658
4. कैल्शियम सल्फेट	1.260
5. पोटैशियम सल्फेट	0.863
6. कैल्शियम कार्बोनेट	0.123
7. मैग्नीशियम ब्रोमाइड	0.076
योग	<u>35.000</u>

इन नमकों के अतिरिक्त समुद्र-जल में कई अन्य लवण पदार्थ भी थोड़ी मात्रा में विद्यमान देखे जाते हैं।

लवणता की भिन्नता के कारण

समुद्र का जल सदैव खारा होता है। परन्तु खारेपन की मात्रा सर्वत्र समान नहीं होती। भिन्न-भिन्न समुद्रों में जल की लवणता भिन्न होती है। लवणता की भिन्नता के निम्न कारण हैं।

(1) **स्वच्छ जल की पूर्ति**—समुद्र-जल में हिम-शिलाओं के पिघलने, वर्षा अथवा नदियों द्वारा जल के उँडले जाने से स्वच्छ जल की प्राप्ति होती है। समुद्र-जल की लवणता पर इस स्वच्छ जल की पूर्ति का बड़ा प्रभाव होता है। जिस समुद्र में स्वच्छ जल की पूर्ति जितनी अधिक होगी वहाँ लवणता उतनी ही कम होगी। विषुवत रेखीय प्रदेशों तथा बड़ी-बड़ी नदियों के मुहानों के निकट इसी कारण लवणता कम रहती है।

(2) **वाष्पीकरण की मात्रा और तीव्रता**—समुद्र-जल की लवणता का वाष्पीकरण की क्रिया से गहरा सम्बन्ध है। जल का वाष्पीकरण तापमान, मेघाच्छन्नता, वायु की शुष्कता और उसकी गति पर निर्भर रहता है। जिन समुद्री भागों से तापमान उँचा, आकाश स्वच्छ और वायु शुष्क तथा तीव्र गति से चलती है वहाँ वाष्पीकरण की क्रिया अधिक होती है जिससे वहाँ सागरीय लवणता की मात्रा में वृद्धि हो जाती है। अयनवृत्तीय क्षेत्रों में अधिक लवणता का यही कारण है।

(3) **हवाएँ**—गरम तथा शुष्क हवाओं के कारण वाष्पीकरण अधिक होता है। उपोष्ण उच्च वायुदाब की पेटियो एवं स्थायी प्रति-चक्रवातीय हवाओं के क्षेत्रों में सदैव ही गरम तथा शुष्क हवाएँ ऊपर से उतरती रहती हैं। अतः इन क्षेत्रों में वाष्पीकरण अधिक होता है जो लवणता में वृद्धि कर देता है। कर्क और मकर रेखाओं के निकटवर्ती भागों में गरम और शुष्क सन्मार्गी पवने समुद्र-जल को पश्चिम की ओर महाद्वीपों के पूर्वी-तटों पर बहा ले जाती हैं जहाँ उसके फल-स्वरूप लवणता बढ़ जाती है। इसके विपरीत महाद्वीपों के पूर्वी-तटों पर जहाँ से सन्मार्गी हवाएँ चलती हैं और तटीय भागों के जल को दूर बहा ले जाती हैं जिसके कारण वहाँ नीचे का कम खारा जल ऊपर आ जाता है और वहाँ जल का खारापन कम हो जाता है।

(4) **धाराएँ**—धाराएँ भी समुद्र-जल की लवणता को कम-ज्यादा करने में योग देती हैं। दक्षिणी अन्ध महासागर से कई धाराएँ गरम तथा खारा जल बड़ी मात्रा में उत्तरी अन्ध महासागर में पहुँचाती हैं जिससे उत्तरी अन्ध महासागर में लवणता बढ़ जाती है।

विभिन्न समुद्रों में जल की लवणता (Salinity in the different Oceans)

समुद्र का पानी सदैव ही खारा होता है। परन्तु लवणता सब स्थानों पर एकसी नहीं होती। उदाहरणतः, उत्तरी सागर में लवणता का औसत अन्ध महासागर की अपेक्षा कम है। भूमध्य सागर में इसके विपरीत सब खुले हुए समुद्रों से नमक का अनुपात बहुत अधिक है। यद्यपि विभिन्न समुद्रों में लवणता भिन्न-भिन्न होती है। परन्तु उस लवणता को बनाने वाले नमकों का अनुपात सदा एकसा रहता है। साधारणतः समुद्र-जल की लवणता को प्रति हजार भागों में प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार समुद्र-जल की औसत लवणता जैसाकि ऊपर बताया गया है 35 है। इसको प्रायः 35‰ अंकों में लिखा जाता है। लवणता में अन्तर क्षैतिज तथा लम्बवत दोनों रूपों में होता है।

क्षैतिज वितरण—महासागरों में लवणता का क्षैतिज वितरण अक्षांशों के आधार पर किया जाता है। इसके अतिरिक्त प्रादेशिक वितरण पर भी ध्यान दिया जाता है। प्रादेशिक वितरण में प्रत्येक महासागर की लवणता का अलग-अलग वितरण देखा जाता है और साथ ही सीमान्त सागरों—खुले-बन्द और आंशिक बन्द—का लवणता के वितरण पर भी ध्यान दिया जाता है।

अक्षांशों के अनुसार लवणता का वितरण—महासागरों में लवणता की मात्रा और उसके वितरण पर अक्षांशों का बड़ा प्रभाव देखा जाता है। सामान्यतः भूमध्य रेखा से ध्रुवों की ओर जाने पर लवणता घटती जाती है। यद्यपि भूमध्य रेखा पर वर्ष भर ऊँचा तापमान पाया जाता है और वाष्पीकरण की मात्रा भी अधिक रहती है फिर भी यहाँ सदैव होने वाली भारी वर्षा लवणता को कम कर देती है। अतः यहाँ उच्चतम लवणता नहीं पायी जाती। यहाँ लवणता की मात्रा 34‰ रहती है। इसके विपरीत उच्चतम लवणता 20° से 40° उत्तरी अक्षांशों के मध्य पायी जाती है, क्योंकि यहाँ सामान्यतः आकाश स्वच्छ रहता है। फलस्वरूप उच्च तापमान व उच्च वाष्पीकरण के साथ-साथ वायुमण्डलीय आर्द्रता भी न्यून रहती है। यहाँ लवणता की मात्रा 36‰ पायी जाती है। दक्षिणी गोलार्द्ध में 10° से 30° अक्षांशों के मध्य लवणता 35‰ रहती है। दोनों गोलार्द्धों में 40° से 60° अक्षांशों के मध्य लवणता में कमी हो जाती है। इन क्षेत्रों में लवणता उत्तरी गोलार्द्ध में 31‰ तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में 33‰ पायी जाती है। ध्रुवों के समीप हिम के पिघलने से जल की पूर्ति हो जाने के कारण लवणता में और कमी हो जाती है। समस्त उत्तरी गोलार्द्ध में औसत लवणता 34‰ तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में 35‰ रहती है। अक्षांशीय वितरण के आधार पर महासागरों में लवणता के चार क्षेत्र किये जा सकते हैं। (1) विषुवत रेखीय अपेक्षाकृत

कम लवणता का क्षेत्र, (2) अयनवृत्तीय अधिकतम लवणता का क्षेत्र, (3) शीतोष्ण कटिबन्धीय कम लवणता का क्षेत्र, तथा (4) ध्रुवीय एवं उप-ध्रुवीय न्यूनतम लवणता का क्षेत्र।

अक्षांशों के अनुसार महासागरों में लवणता

अक्षांश क्षेत्र	लवणता ‰
70° से 50° उ०	30-31
55° से 40° उ०	33-34
40° से 15° उ०	35-36
15° उ० से 10° द०	34.5-35
10° से 30° द०	35-36
30° से 50° द०	34-35
50° से 70° द०	33-34

प्रादेशिक वितरण—इसके अन्तर्गत महासागरों में लवणता का वितरण या तो अलग-अलग रूप से किया जाता है अथवा विभिन्न लवण-मण्डलों के अनुसार किया जाता है। जेनकिन्स ने विभिन्न सागरों को लवणता के आधार पर निम्न तीन प्रदेशों में बाँटा है :

(क) सामान्य से अधिक लवणता वाले प्रदेश—इसमें लवणता का औसत 37‰ से 41‰ तक पाया जाता है। इसके अन्तर्गत निम्न सागर आते हैं : (1) लाल सागर (37-41‰), (2) फारस की खाड़ी (37-38‰), (3) भूमध्य सागर (37-39‰)।

(ख) सामान्य लवणता वाले प्रदेश—इन प्रदेशों में लवणता का औसत 35-36‰ पाया जाता है। इनमें निम्न सागर आते हैं : (1) कैरेबियन सागर (35-36‰), (2) बास जल सन्धि (35½‰), तथा (3) कैलिफोर्निया की खाड़ी (35-35½‰)।

(ग) सामान्य से कम लवणता वाले प्रदेश—इन प्रदेशों में लवणता का औसत 20 से 35‰ के मध्य रहता है। इसके अन्तर्गत निम्न सागर आते हैं : (1) आर्कटिक सागर, (2) बेरिंग सागर, (3) ओखोटस्क सागर, (4) जापान सागर, (5) चीन सागर, (6) उत्तरी सागर, (7) इंगलिश चैनल, (8) बाल्टिक सागर, (9) हडसन की खाड़ी, (10) सेण्ट लारेन्स की खाड़ी, (11) उत्तरी आस्ट्रेलिया सागर, (12) अण्डमान सागर।

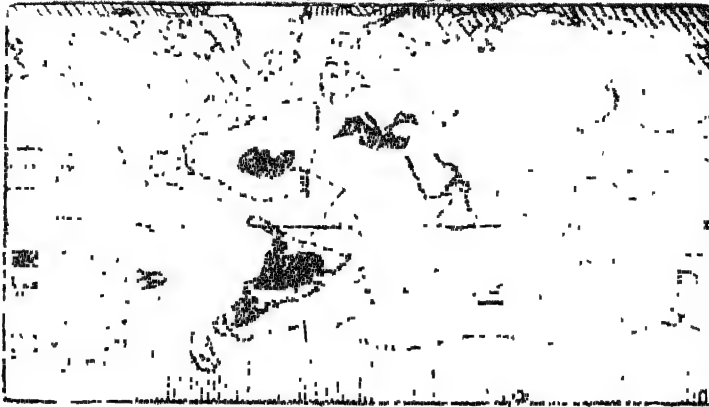
महासागरीय लवणता का लम्बवत वितरण—महासागरों में गहराई के साथ लवणता के वितरण में कोई एकरूपता नहीं देखी जाती है। महासागरों में लवणता कहीं गहराई से घटती है तो कहीं वह बढ़ती हुई देखी जाती है। उदाहरणतः, भूमध्य रेखा के समीप सतह की लवणता 34‰ होती है किन्तु गहराई में बढ़कर 35‰ हो जाती है। इसके विपरीत 20° दक्षिणी अक्षांश के समीप सतह की लवणता 37‰ रहती है किन्तु गहराई में घटकर 35‰ हो जाती है। इसी प्रकार दक्षिणी अटलाण्टिक के दक्षिणी छोर पर सतह की लवणता 33‰ देखी जाती है, किन्तु 200 फीट की गहराई पर बढ़कर 34.5‰ तथा 600 फीट की गहराई पर 34.75‰ हो जाती है। स्पष्ट है कि गहराई के साथ लवणता के घटने-बढ़ने में बड़ा विरोधाभास पाया जाता है। किन्तु फिर भी निष्कर्ष रूप में यह कहा जा सकता है कि उच्च अक्षांशों में गहराई के साथ लवणता में वृद्धि होती है, जबकि भूमध्य रेखा के समीप पहले लवणता बढ़ती है और फिर पुनः गहराई के साथ घटने लगती है। मध्य अक्षांशों में भी 200 फीट तक लवणता बढ़ती है, उसके बाद पुनः घटती जाती है।

खुले समुद्रों में जल की लवणता (Salinity in Open Seas)

भिन्न-भिन्न समुद्रों में जल की लवणता की भिन्नता के दो प्रमुख कारण हैं :

- (1) ताजे जल का निरन्तर प्राप्त होते रहना ।
- (2) वाष्प बनने की क्रिया ।

महासागरो में नमक का सबसे अधिक अनुपात (36%) कर्क और मकर रेखाओं के समीप पाया जाता है । इन रेखाओं के उत्तर और दक्षिण की ओर लवणता क्रमशः कम होती जाती है । अयनवृत्तीय भागों (tropical) में लवणता की अधिकता का कारण वाष्प बनने की तीव्रता है ।



चित्र 168—समुद्र-जल की लवणता का वितरण

ये भाग अधिक वायुदाब की पेटियों में स्थित हैं । जहाँ आकाश सदा स्वच्छ रहता है और सूर्य की किरणें बड़ी प्रखर होती हैं । धूप की तेजी से वाष्प अधिक बनती है । यहाँ से चलने वाली सन्मार्गी पवने इस भाप को उठाकर अन्यत्र ले जाकर वर्षा करती है, परन्तु यह भाग स्वयं वर्षा से अभावग्रस्त रहते हैं । खुले समुद्रों में लवणता का सबसे अधिक अनुपात वायु के अधिक दाब वाले क्षेत्रों में ही पाया जाता है ।

भूमध्य रेखा के निकट जल की लवणता कम (34%) होती है । यहाँ सूर्य की किरणें तेज होते हुए भी आकाश सदैव मेघाच्छन्न रहता है जिससे वाष्पीकरण क्रिया कम होती है । सदैव होती रहने वाली घनघोर वर्षा और विश्वविख्यात अमेजन, कांगो और नाइजर नदियों द्वारा समुद्र में बराबर स्वच्छ जल उँडेलते रहना आदि सब ऐसे कारण हैं जो यहाँ की लवणता को कम करने में योग देते हैं । वर्षा तथा नदियों का स्वच्छ हल्का पानी समुद्र-जल पर दूर-दूर तक तैरता रहता है और समुद्र-जल की लवणता को कम करने में सफल होता है ।

सन्मार्गी पवनों की पेटि से ध्रुवों की ओर बढ़ने पर समुद्र की लवणता क्रमशः कम होती जाती है । उत्तरी अर्ध महासागर में समुद्र-जल की लवणता 34% ही पायी जाती है । यहाँ लवणता कम होने का कारण यह है कि यहाँ के समुद्रों में ध्रुवों से स्वच्छ और ठण्डा पानी तथा बर्फ के बड़े-बड़े हिमखण्ड (Icebergs) आकर मिलते रहते हैं । ध्रुवीय सागरो में लवणता का अनुपात और भी कम होता जाता है । यहाँ लवणता का अनुपात 20% से 30% तक रहता है । इस प्रदेश में भाप बनने की शिथिलता, वर्षा की अधिकता, अधिक नदियों का समुद्र में प्रवेश तथा पिघलते हुए बर्फ के द्वारा स्वच्छ पानी का मिलते रहना आदि सब कारण मिलकर समुद्र-जल की लवणता को अधिक नहीं बढ़ने देते ।

घिरे हुए समुद्रों में जल की लवणता (Salinity in Inclosed Seas)

महासागरो के समुद्र—भूमध्य सागर और बाल्टिक सागर आदि—में लवणता का अन्तर अधिक पाया जाता है। भूमध्य सागर में जिब्राल्टर की खाड़ी के समीप समुद्र-जल की लवणता 39‰ से भी अधिक है। लाल सागर में लवणता का अनुपात 37‰ से 41‰ और फारस की खाड़ी में 37‰ से 38‰ तक रहता है।¹ खुले महासागरो की अपेक्षा यहाँ लवणता का अनुपात बहुत अधिक है। यहाँ समुद्र-जल की अधिक लवणता का कारण यह है कि ये प्रदेश ऊँचे तापमान और चमकीली धूप वाली गर्मियों की पेटी में पड़ते हैं जिससे यहाँ भाप तो अधिक बनती है, किन्तु स्वच्छ पानी आने का कोई साधन नहीं है। इन भागों में वर्षा की न्यूनता के साथ-साथ नदियों द्वारा लाये गये जल की मात्रा भी कम होती है। इस कारण बहुत कम अतिरिक्त स्वच्छ जल समुद्र में पहुँचता है।

काला सागर और बाल्टिक सागर में लवणता का अनुपात अपेक्षतः बहुत ही कम है। काला सागर में अधिक से अधिक लवणता 18‰ से 18.5‰ तक पायी जाती है। बाल्टिक सागर में यह अनुपात और भी कम है। इसके उत्तर में लवणता 3‰ और दक्षिण में 15‰ पायी जाती है। कभी-कभी बोथोनिया की खाड़ी और फिनलैण्ड की खाड़ी में 2‰ से भी कम लवणता रहती है। बसन्त ऋतु में यहाँ का पानी एकदम स्वच्छ रहता है। काला सागर में लवणता की न्यूनता का कारण उसके आकार की दृष्टि से डेन्यूब, नीपर, नीस्टर और डोन आदि नदियों द्वारा अधिक स्वच्छ जल उँडेलना जाना और भूमध्य सागर की अपेक्षा वाष्प का कम बनना है। बाल्टिक सागर, बोथोनिया की खाड़ी और फिनलैण्ड की खाड़ी ठण्डे और वर्षा वाले प्रदेशों में स्थित है। यहाँ हिम के पिघलने से और नदियों द्वारा स्वच्छ जल की अधिक प्राप्ति होती है। इसके अतिरिक्त वाष्प बहुत कम और धीरे-धीरे बनती है। अतः यहाँ जल की लवणता का अनुपात बहुत ही अल्प है।

महाद्वीपीय सागरों व झीलों में लवणता (Salinity in Inland Seas)

प्रायः उन महाद्वीपीय सागर और झीलों की लवणता कम होती है जिनमें कुछ नदियाँ बराबर पानी उँडेलती रहती हैं और कुछ नदियों द्वारा उसका निकास होता रहता है। किन्तु जिन झीलों और सागरों में पानी का कोई निकास का मार्ग नहीं होता, उनकी लवणता अपेक्षतया बहुत अधिक रहती है। ऐसे सागरों व झीलों में जो पानी नदियों द्वारा पहुँचता है, वह भाप बनकर उड़ता रहता है और उसके पदार्थ वही छूट जाते हैं। इस तरह इनकी लवणता दिनों-दिन बढ़ती जाती है। परन्तु लवणता का यह औसत उनकी झीलों के निर्माण काल पर निर्भर रहता है। कैस्पियन सागर के उत्तर में वोल्गा तथा यूराल नदियों के स्वच्छ जल की पूर्ति के कारण लवणता का औसत 14‰ पाया जाता है। दक्षिण में काराबुगास की खाड़ी में जो कि रोधिका द्वारा समुद्र के मुख्य भाग से अलग हो गयी है लवणता का औसत 17‰ तक पाया जाता है।

संयुक्त राज्य अमरीका में महान खारी झील (great salt lake) में लवणता का औसत 220‰, जोर्डन में मृत सागर का 238‰ और टर्की में बान झील का 330‰ तक है।² बान झील और मृत सागर की अत्यधिक लवणता के कारण मनुष्य भी उसमें डूबने नहीं पाता, क्योंकि उसका घनत्व पानी के घनत्व से कम रहता है। अतः मनुष्य बिना हाथ-पैर हिलाये भी पानी पर तैरता रहता है।

¹ A. Wilmore : *A Groundwork of Modern Geography*, p. 189

² F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, 1962, p. 296

इन महाद्वीपीय झीलों और सागरों में घुले हुए नमकों का सम्मिश्रण समुद्र के साधारण जल के मिश्रण से भिन्न रहता है। इनमें सोडियम क्लोराइड (sodium chloride) बहुतायत से रहता है, किन्तु समुद्र की अपेक्षा यहाँ अन्य सम्मिश्रण अधिक महत्वपूर्ण होते हैं।

जब मानचित्र में समुद्र के भिन्न-भिन्न भागों की लवणता प्रदर्शित की जाती है तो उसके लिए प्रायः समलवण रेखाओं (isohalines) का प्रयोग किया जाता है। समलवण रेखाएँ वे कल्पित रेखाएँ हैं जो कि समुद्र में समान लवणता वाले स्थानों को जोड़ती हैं। इस प्रकार 35‰ समलवण रेखा समुद्र के उस भाग को जहाँ कि लवणता 35‰ से कम है उस भाग से अलग करती है जहाँ कि लवणता 35‰ से अधिक पायी जाती है।

भारतीय झीलों की लवणता

(Salinity of the Indian Lakes)

यों तो खारे और मीठे पानी की झीले सर्वत्र ही पायी जा सकती हैं किन्तु भारत की प्रमुख खारे पानी की झीले राजस्थान के मरुस्थल तक ही सीमित हैं। आज के युग में रासायनिक वस्तुओं का क्या महत्त्व है यह बताने की आवश्यकता नहीं। अतः राजस्थान की ये खारे पानी की झीले सदा महत्त्वपूर्ण रही हैं।

इन झीलों की लवणता और जल में घुले हुए अनेक नमकों के जन्म के बारे में कई वैज्ञानिकों ने समय-समय पर अपने मत प्रकट किये हैं। उन सबका विवेचन न तो यहाँ सम्भव ही है और न वांछनीय ही। फिर भी इस सम्बन्ध में ए० ओ० ह्यूम (A. O. Humes), डा० नोटलिंग (Dr. Noetling), हॉलैण्ड व क्राइस्ट (Holland and Christ) तथा डा० गोडबोले आदि महानुभावों के मतों का उल्लेख कर देना युक्तिसंगत होगा।

ह्यूम ने इन झीलों की लवणता का कारण स्पष्ट करते हुए लिखा है कि इन झीलों के स्थान पर पहले एक समुद्र था जिसके सूख जाने से ही यहाँ नमकों का इतना अधिक निक्षेप हुआ है। इस प्रकार ह्यूम के अनुसार इस प्रदेश के नमक के ढेर केवल समुद्र नितल के निक्षेप मात्र हैं।

डा० नोटलिंग के मतानुसार साँभर झील में नमक भूमि के नीचे खारे जल के स्रोतों के बहने से प्राप्त होता है।

हॉलैण्ड व क्राइस्ट के अनुसार इन झीलों के निक्षेपों के नीचे प्राचीन नमक की चट्टानें (old rock salt) बिछी हुई हैं। अतएव केशा-आकर्षण शक्ति (capillary action) द्वारा नमक बराबर ऊपर आता रहता है, जिससे ये झीले बराबर खारी होती जा रही हैं।

उपरोक्त सभी मत वर्तमान खोजों द्वारा असत्य प्रमाणित हो चुके हैं। वर्तमान समय में डा० गोडबोले का मत ही अधिक मान्य है। उनके मतानुसार राजस्थान में इतने अधिक नमकों के पाये जाने का एकमात्र कारण ग्रीष्म में प्रवाहित होने वाली पवनें हैं। डा० गोडबोले का कहना है कि न तो यहाँ भूमि के खारे जल के स्रोत हैं, न नमकीन चट्टानों के जमाव के चिह्न ही हैं और न नमकीन भूमि के अन्दर बहने वाला जल ही ऊपर उठता है। इन्होंने खोज करके यह बताया है कि ग्रीष्मकाल में बड़ी मात्रा में सोडियम क्लोराइड नमकीन धूल के रूप में दक्षिण और दक्षिण-पश्चिम से राजस्थान के मरुस्थली भाग में पहुँचता है। ये पवनें कच्छ की खाड़ी के ऊपर होकर चलती हैं जो ग्रीष्म में सफेद नमक की सतह से ढकी रहती हैं। इसके ऊपर होकर आने वाली हवाएँ जो नमक युक्त रहती हैं, बिना किसी रोक-टोक के राजस्थान के भीतरी भागों में पहुँचती हैं और तब तक चलती रहती हैं जब तक कि वर्षाऋतु प्रारम्भ नहीं हो जाती। वर्षाकाल में हवाओं द्वारा वितरित नमक जो भूमि पर बिखरा रहता है, जल के प्रभाव द्वारा बहकर मरुस्थल के बीच निम्न स्थलों अर्थात् झीलों में एकत्रित हो जाता है। ऐसा अनुमान लगाया गया

है कि प्रतिवर्ष ग्रीष्मऋतु में पवनों द्वारा औसतन 1,30,000 टन नमक राजस्थान के अन्दर पहुँचाया जाता है। इस तरह मरुस्थल में नमक की कभी भी न्यूनता नहीं आने पाती।

यद्यपि भू-गर्भशास्त्रियों ने उपरोक्त मत का समर्थन किया है परन्तु फिर भी यह मत आक्षेपों से मुक्त नहीं है। अतः इस क्षेत्र में अभी भी वैज्ञानिक अनुसन्धान की आवश्यकता है।

मरुस्थल के नीचे और वहाँ की झीलों में कितनी मात्रा में नमक के साधन वर्तमान हैं और कितना नमक उनसे प्राप्त किया जा सकता है, इस बारे में कोई आँकड़े उपलब्ध नहीं हैं। परन्तु साँभर, डीडवाना और पंचभद्रा झीलों में नमक की उपलब्धि के बारे में काफी आँकड़े प्राप्त किये गये हैं, जो इस प्रकार हैं :

साँभर, डीडवाना, पंचभद्रा और समुद्र के नमकों का सम्मिश्रण (1950)¹

लवण	साँभर	डीडवाना	पंचभद्रा	समुद्र
कैल्शियम कार्बोनेट	—	—	—	0.345
कैल्शियम सल्फेट	—	—	2.970	3.600
सोडियम क्लोराइड	87.300	77.190	85.660	77.788
सोडियम सल्फेट	8.650	20.650	—	—
सोडियम कार्बोनेट	3.870	0.600	—	—
सोडियम-बाई-कार्बोनेट	—	1.560	—	—
मैग्नेशियम क्लोराइड	—	—	9.440	11.737
पोटैशियम क्लोराइड	0.129	—	—	2.465
मैग्नेशियम क्लोराइट	—	—	1.930	10.878
मैग्नेशियम ब्रोमाइड	0.051	—	—	0.217
	100.000	100.000	100.000	100.000

इन झीलों से बड़ी मात्रा में खाने का नमक प्राप्त होता है। परन्तु तीनों ही स्थानों पर बनने वाले नमक की मात्रा, रंग और उनके सम्मिश्रण में थोड़ा अन्तर होता है। साँभर झील में तैयार किये जाने वाले नमक में सोडियम क्लोराइड की औसत मात्रा 96 से 98 प्रतिशत, नमी 1 से 3 प्रतिशत और घुली हुई अशुद्धियाँ (सोडियम कार्बोनेट, बाई-कार्बोनेट और कार्बनिक पदार्थ) 0.5 से 1.08 प्रतिशत तक पायी जाती हैं। नमक का रंग कुछ भूरा रहता है। डीडवाना से प्राप्त नमक अधिक अशुद्ध होता है। यहाँ नमक में सोडियम सल्फेट की मात्रा बहुत ऊँची पायी जाती है और नमक प्रायः खाने के अयोग्य होता है। पंचभद्रा का नमक रंग में अपेक्षतया सफेद होता है और अपने सम्मिश्रण में साँभर और डीडवाना के नमक से भिन्न होता है।

इन तीनों ही झीलों से नमक के उत्पादन की मात्रा वर्ष-प्रतिवर्ष बदलती रहती है। राजस्थान में नमक के कुल उत्पादन का लगभग 85 से 90 प्रतिशत साँभर से इकट्ठा किया जाता है। इन झीलों से औसतन 75 लाख मन नमक प्रति वर्ष तैयार किया जाता है जो समस्त देश के उत्पादन का लगभग 20 प्रतिशत होता है।

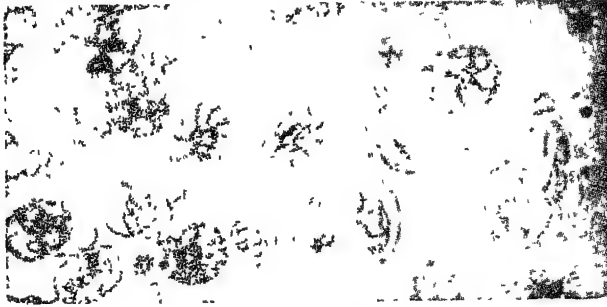
¹ J. L. Sorion · 'The Salinity of Rajasthan Desert' in *Bulletin of the National Institute of Sciences of India*, No. 1, Sept. 1952, p. 84

20

महासागरीय निक्षेप (MARINE DEPOSITS)

वे समस्त पदार्थ जो समुद्र नितल पर एकत्र होते रहते हैं, महासागरीय निक्षेप कहलाते हैं। समुद्रो में ये निक्षेप कई साधनों से प्राप्त होते हैं। कुछ निक्षेप स्थल से नदियों, लहरों तथा हवा द्वारा अवसाद (sediments) रूप में प्राप्त होते हैं। कुछ निक्षेप समुद्री पौधों और जानवरों के अवशेष रूप होते हैं।

समुद्रो में अवसादों का निक्षेप बहुत बड़े परिमाण में होता है। अधिकांश अवसादी शैलों का जन्म, पूर्ववर्ती समुद्रो में अवसादों के निक्षेप द्वारा ही हुआ है। इसी प्रकार खड़िया (chalk)



चित्र 169—फोरामिनीफेरा

स्वच्छ जल में सूक्ष्म फोरामिनीफेरा (Foraminifera) के अवशेषों का निक्षेप-मात्र है। इसके विपरीत ग्रीट (grit) पत्थर समुद्रतट के निकट उथले पानी में बालू के मोटे कणों का निक्षेप है।

महासागरीय निक्षेप का वर्गीकरण

महासागरीय निक्षेप को दो वर्गों में बाँटा जा सकता है :

- (1) भूमिज निक्षेप (Terrigenous deposits),
- (2) गम्भीरसागरीय निक्षेप (Pelagic deposits)।

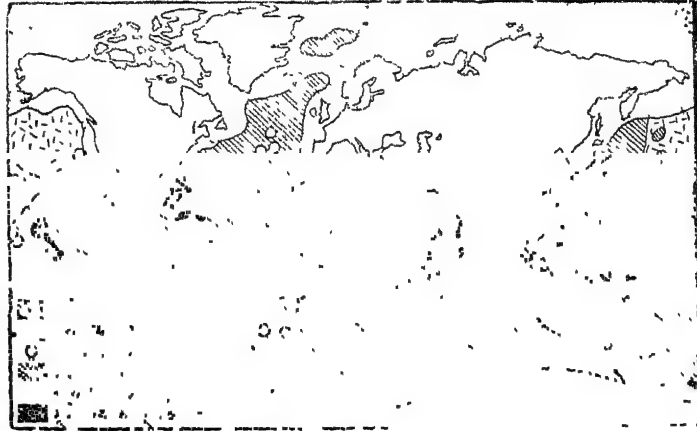
(1) भूमिज निक्षेप—ये निक्षेप मुख्यतः महाद्वीपीय मग्नतट और मग्नदाल पर मिलते हैं। इन निक्षेपों में स्थल से प्राप्त पदार्थों की अधिकता रहती है। इनमें नदियों से प्राप्त अवसाद मुख्य होते हैं। अवसाद के साथ-साथ ज्वालामुखी पदार्थ और समुद्री जीव-जन्तु तथा पौधों के अवशेष भी विद्यमान रहते हैं। इन निक्षेपों में स्फटिक (Quartz) के कणों की मात्रा अधिक मिलती है। कई बार मग्नदालों पर गम्भीरसागरीय निक्षेप भी देखे जाते हैं।

(2) **गम्भीरसागरीय निक्षेप**—ये निक्षेप सामान्यतः अगाधसागरीय तल और महासागरीय गर्त में मिलते हैं। इन निक्षेपों में समुद्री जीव-जन्तुओं तथा पौधों के अवशेषों की प्रमुखता होती है। अन्य पदार्थों में ज्वालामुखी राख व झामक तथा उनसे उत्पन्न लोहा व एल्यूमिनियम के सिलिकेट व लोहा-मैगनीज मिश्रित कण मुख्य हैं।

महासागरीय निक्षेपों का वितरण

मग्नतट और मग्नढाल के निक्षेप—इन भागों के निक्षेप में उन पदार्थों की अधिकता होती है जो नदियाँ धरातल से बहाकर लाती हैं। समुद्री लहरों के प्रभाव से तटों के अपरदित पदार्थ भी इसमें मिले रहते हैं। प्रायः स्थूल पदार्थ तट के समीप और सूक्ष्म पदार्थ तट से दूर पाये जाते हैं। पदार्थों की आकार के अनुसार छँटनी होती रहती है। पहले किनारों से टूटकर गिरने वाले शिलाखण्ड, फिर बट्टड़, कंकड़, बालू तथा अन्त में पक रहता है। इस प्रकार पदार्थों के निक्षेप में क्रम बना रहता है—स्थूल पहले और सूक्ष्म बाद में। किन्तु जिस दूरी तक ये पदार्थ यात्रा करते हैं वह इनके आकार पर ही निर्भर नहीं करता वरन् लहरों तथा धाराओं की तीव्रता भी उसको प्रभावित करती है। लहरों की शक्ति घटती-बढ़ती रहती है इसलिए पदार्थों की छँटनी भी कभी पूर्ण नहीं होती। इन पदार्थों का सूक्ष्म से सूक्ष्म भाग कभी मग्नढाल से परे नहीं पहुँच पाता। यहाँ मुख्यतः तीन प्रकार के पदार्थों के निक्षेप होते हैं।

(1) **स्थलीय पदार्थों के निक्षेप**—मग्नतट और मग्नढाल के निक्षेप में अधिकतर बालू और पक ही देखा जाता है। बालू धरातल के अपरदन से प्राप्त होता है और उसमें उन सभी शैलों तथा खनिजों के कण होते हैं जो कि भूमि की रचना करते हैं। इसके अधिकतर कण कठोर स्फटिक के होते हैं जो रासायनिक परिवर्तन से कम प्रभावित होते हैं। परन्तु कुछ कण मुलायम और शीघ्र क्षय होने वाले होते हैं जो पक के निर्माण में योग देते हैं।



चित्र 170—महासागरीय निक्षेपों का वितरण

पंक में बालू से भी सूक्ष्म पदार्थ रहते हैं। इसमें अधिकतर सूक्ष्म खनिज तत्त्व एवं बड़ी मात्रा में चिकनी मिट्टी मिली हुई रहती है। समुद्रों में निम्न प्रकार के पंक का निक्षेप देखा जाता है :

(क) **नील पंक (Blue Mud)**—यह पंक लगभग सभी समुद्रों में पाया जाता है। यह मुख्यतः तटों के समीप उथले समुद्री भागों में मिलता है। किन्तु जहाँ कहीं नदी का तीव्र धारा समुद्र में प्रवेश करती है वहाँ यह किनारों से 400-500 मील की दूरी तक फैला हुआ पाया

जाता है। इसकी साधारण सीमा समुद्र में 200-300 मील है। इस पंक में 25 प्रतिशत स्फुटिक के कण तथा 60 प्रतिशत मिट्टी रहती है। इसका रंग नीला या सिलेटी होता है।

(ख) हरा पंक (Green Mud)—यह नीले पंक का ही एक विशेष रूप है। इसमें चूने वाले जीवों के अवशेष तथा लोहे के सिलिकेट के कण मिले होने से इसका रंग हरा प्रतीत होता है। यह उत्तरी अमरीका के प्रशान्त महासागरीय और अन्य महासागरीय तटों, आस्ट्रेलिया और जापान के समीप, दक्षिणी अफ्रीका के उत्तम आशा अन्तरीप के निकट और गरम तथा ठण्डी जल-धाराओं के संगम-स्थलों पर विशेष रूप से मिलता है।

(ग) लाल पंक (Red Mud)—यह भी नीले पंक का ही एक रूप है। इसमें मिट्टी के साथ लोहे के ऑक्साइड की मात्रा अधिक होती है। अतः इसका रंग लाल अथवा वादामी दिखाई पड़ता है। यह ब्राजील तट के समीप और चीन के पास पीत सागर में मिलता है।

(घ) ज्वालामुखी पंक (Volcanic Mud)—यह पंक ज्वालामुखी राख आदि पदार्थों से बनता है और मुख्यतः ज्वालामुखी द्वीपों के आसपास मिलता है।

(ङ) प्रवाल पंक (Coral Mud)—यह प्रवाल एवं कई प्रकार के चूनायुक्त जीवों के अवशेषों से बनता है। यह प्रवाल द्वीपों के निकट पाया जाता है।

(2) जैव पदार्थों के निक्षेप—मग्नतट के कई भागों में बड़ी मात्रा में समुद्री जीव-जन्तु और पौधे पनपते हैं। अतः यहाँ के निक्षेप में इन जीव-जन्तुओं और पौधों के अवशेषों का बहुत बड़ा भाग रहता है। इन जीवों के अवशेष ही धीरे-धीरे लहरों के प्रभाव से महीन होकर पंक का रूप ले लेते हैं। ऐसे पदार्थ मेक्सिको की खाड़ी तथा कैरेबियन समुद्र में अधिकता से पाये जाते हैं।

(3) ज्वालामुखी पदार्थों के निक्षेप—ज्वालामुखी प्रदेशों में मग्नतट और मग्नढालों पर अधिकतर ज्वालामुखी उद्गारों से प्राप्त पदार्थ ही मिलते हैं। भूमिज पदार्थों की यहाँ कमी रहती है। पदार्थों का वितरण और निक्षेप क्रमानुसार होता है। परन्तु पदार्थों के मिश्रण में भिन्नता पायी जाती है। जैसे ज्वालामुखी रेत में स्फाट के कणों की अपेक्षा लावा के कण अधिक मिले होते हैं।

महासागरीय तल और महासागरीय गर्तों के निक्षेप

महासागरीय तल और महासागरीय गर्त मुख्यतः गम्भीरसागरीय निक्षेप से ढके हुए हैं। भूमिज निक्षेप बहुत ही कम मात्रा में मग्नढाल से परे पहुँचते हैं। ज्वालामुखी राख इसका अपवाद है। कभी-कभी तो मग्नढालों पर पर्याप्त भूमिज निक्षेपों के अभाव में न्यूनाधिक रूप में गम्भीर-सागरीय निक्षेप ही मिलते हैं।

समुद्र-जल में असंख्य मात्रा में जीव पाये जाते हैं। अधिकांश जीव पानी में घुले हुए ही रहते हैं। इन जीवों की जैसे ही मृत्यु होती है वे तली पर बैठते जाते हैं। इस प्रकार समुद्र की तली पर मृत जीवों की निरन्तर वर्षा होती रहती है। शनैः-शनैः इनका निक्षेप बढ़ता जाता है। गम्भीरसागरीय निक्षेप में इस तरह जीव-जन्तुओं और पौधों के अवशेष तथा ज्वालामुखी राख विशेष रूप से मिलती है।

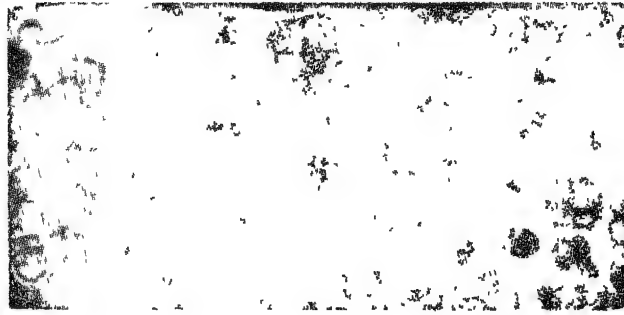
साधारणतः गम्भीरसागरीय निक्षेप पंक के रूप में होता है जिसे 'ऊज' (Ooze) कहा जाता है। यह हल्के भूरे रंग का होता है और सूख जाने पर आटे के सदृश प्रतीत होता है। इस प्रकार का पंक अनेक प्रकार के जीवों की मृत देह के संचय से बनता है। 'ऊज' भी उन जीवों में से एक होता है। अतः पंक का पर्यायवाची 'ऊज' शीर्षक बहुलता से पायी जाने वाली एक जाति पर ही आधारित है। इनमें से कुछ जीवों की देह घुलनशील तत्वों और कुछ की अधुलनशील

तत्वों से बनी होती है। अतः ऊँज अथवा पंक को भी चूना प्रधान (calcareous) और सिलिका-प्रधान (siliceous) दो भागों में बाँटा गया है। चूना-प्रधान पंक की रचना मुख्यतः फोसफोरिनी-फेर द्वारा होती है। सिलिका-प्रधान पंक डायमट व रेडियोलेरिया जीवों से बनता है। पी० लेक ने गम्भीरसागरीय निक्षेप (pelagic deposits) को निम्न प्रकार से विभाजित किया है :¹

कार्बनिक निक्षेप (Organic deposits)	{	चूना प्रधान	{ ग्लोबिजेरिना पंक टेरोपोड पंक डायमट पंक रेडियोलेरियन पंक
अकार्बनिक निक्षेप (Inorganic deposits)		लाल मृत्तिका (Red Clay)	

कार्बनिक निक्षेप (Organic Deposits)

ग्लोबिजेरिना पंक (Globigerina Ooze)—इस पंक में ग्लोबिजेरिना व अन्य जीवों के घुलनशील शारीरिक खोल रहते हैं। ये सब चूना-प्रधान होते हैं। ग्लोबिजेरिना का आकार पिन की नोक के सदृश बहुत ही सूक्ष्म होता है। इन्हीं की प्रधानता के कारण इस पंक को ग्लोबिजेरिना पंक कहा जाता है। जब इस पंक को सुखाया जाता है तो यह मटमैले सफेद चूर्ण के समान प्रतीत होता है। इसमें अधिकांशतः चूना पाया जाता है जो जीवों तथा अन्य प्राणिज अवशेषों, धातु अंश एवं लाल मृत्तिका द्वारा बना होता है।



चित्र 171—ग्लोबिजेरिना पंक

साधारणतः ग्लोबिजेरिना जीव 1500 से 2000 फीट गहराई के मध्य पाया जाता है। परन्तु इसकी कोई निश्चित सीमा नहीं है। जहाँ कहीं भूमिज पदार्थों का अभाव पाया जाता है वहाँ ये कम गहराई पर भी मिल जाते हैं। गहराई के साथ ये सामान्यतः लुप्त होते जाते हैं, किन्तु अन्ध महासागर में कहीं-कहीं ये 5000 फीट की गहराई तक भी पाये जाते हैं।

यह पंक उष्ण और शीतोष्ण कटिबन्ध के गरम जल में अधिक विकसित होता है। ठण्डे ध्रुवीय सागरों में यह कम मिलता है। इसका सर्वाधिक विस्तार अन्ध महासागर में पाया जाता है। यहाँ इनका विस्तार 72° उत्तरी अक्षांश से 60° दक्षिणी अक्षांश तक मिलता है। उत्तर की ओर अधिक विस्तार होने का कारण उष्ण समुद्री धाराओं का प्रभाव है। हिन्द महासागर में यह एशिया व आस्ट्रेलिया महाद्वीपों के मग्नतटों के पूर्वी भागों को छोड़कर सर्वत्र मिलता है। प्रशान्त

¹ P. Lake : *Physical Geography*, p. 215

महासागर से यह पूर्वी भाग में अधिक मिलता है। यह पंक महासागरीय गतों में बिलकुल नहीं पाया जाता।

टेरोपोड पंक (Pteropod Ooze)—इस पंक में टेरोपोड नामक जीवों की अधिकता पायी जाती है। इसके शारीरिक ढाँचे पतले, नुकीले और शीघ्र टूटने वाले होते हैं। इनकी लम्बाई आधे इंच से पौन इंच तक होती है। इनका शरीर चूने से बना होता है। अतः यह पंक चूना-प्रधान होता है।

ऐसा देखा गया है कि जिन स्थानों पर सतह का पानी गरम होता है और वार्षिक तापान्तर भी अधिक नहीं होता, वहाँ ये जीव बहुत शीघ्र बढ़ते हैं। अतः इनका विकास उष्ण कटिबन्धीय तथा उपोष्ण कटिबन्धीय समुद्रों में ही होता है। प्रायः ये जीव स्थल से दूर छिछले-जल में पनपते हैं, इसलिए यह पंक सामान्यतः 800 से 1500 फीट गहराई तक पाया जाता है। कभी-कभी यह कम गहराई पर भी दृष्टिगोचर होता है। इसके निक्षेप समुद्र-तल से ऊपर उठे हुए पठार एवं पहाड़ियों पर अधिक मिलते हैं। मध्य अटलाण्टिक की पहाड़ी पर यह कई स्थानों पर पाया जाता है। भूमध्य सागर और प्रशान्त महासागर के पश्चिमी और मध्यवर्ती क्षेत्रों में प्रवाल द्वीपों के आसपास यह दो-तीन टुकड़ों में मिलता है। यह पंक लगभग 5 लाख वर्गमील में फैला हुआ है। सूख जाने पर यह खुरदरे, श्वेत चूर्ण के सदृश प्रतीत होता है। मिश्रण के फलस्वरूप यह पंक धीरे-धीरे ग्लोबिजेरिना पंक में परिवर्तित हो जाता है।

डायटम पंक (Diatom Ooze)—यह पंक डायटम नामक जीवों तथा रेडियोलेरिया के ढाँचों, स्पंज के नुकीले भागों और मृत्तिका के कुछ मिश्रण से बना होता है। यह पंक सिकता-प्रधान होता है और सामान्यतः 600 से 2000 फीट गहराई तक पाया जाता है। कभी-कभी यह 4000 फीट गहराई तक भी मिलता है। डायटम जीव ठण्डे समुद्रों में पनपते हैं, इसलिए इनका विस्तार मुख्यतः प्रशान्त महासागर में अलास्का में लेकर जापान तक अथाह सागरो वाली पेट्री और दक्षिणी ध्रुव महासागर में अण्टार्कटिक महाद्वीप के चारों ओर भूमिज निक्षेप की पेट्री के बाहर एक चौड़ी मेखला के रूप में मिलता है। इन दोनों क्षेत्रों में समुद्र के ऊपर उठने के फलस्वरूप डायटम जीवों के लिए बड़ी मात्रा में खाद्य-पदार्थ प्राप्त होता है। उत्तरी अमरीका के पश्चिमी-तट पर कैलीफोर्निया की खाड़ी भी इसका एक क्षेत्र है, जहाँ पर जल स्वयं लाल दिखाई पड़ता है। इसीलिए इस खाड़ी को लाल सिन्दूर सागर (Vermillion Sea) कहा जाता है।

रेडियोलेरियन पंक (Radiolarian Ooze)—यह पंक लाल मृत्तिका का ही एक रूप है। इसमें रेडियोलेरिया और डायटम जीवों के ढाँचे और मृत्तिका पायी जाती है। यह भी एक



चित्र 172—रेडियोलेरियन पंक

सिलिका-प्रधान पंक है। इसके जीव सदैव गहरे समुद्रों में मिलते हैं, अतः यह पंक सामान्यतः

महासागरों में जैव-निकषों का वितरण¹

(10 लाख किलोमीटर में)

	अन्ध महासागर		प्रशान्त महासागर		हिन्द महासागर		कुल योग	
	क्षेत्र	प्रतिशत	क्षेत्र	प्रतिशत	क्षेत्र	प्रतिशत	क्षेत्र	प्रतिशत
चूना-प्रधान पंक								
1. ग्लोबिजेरिना	40.1	—	51.9	—	34.4	—	—	—
2. टेरोपोड	1.5	—	—	—	—	—	—	—
कुल	41.6	67.5	51.9	36.2	34.4	54.3	127.9	47.7
सिलिका-प्रधान पंक								
1. डायटम	4.1	—	14.4	—	12.6	—	—	—
2. रेडियोलेरिया	—	—	6.6	—	3.0	—	—	—
कुल	4.1	6.7	21.0	14.7	12.9	20.4	38.0	14.2
लाल चीका	15.9	25.8	70.3	49.1	16.0	25.3	102.0	328.1
कुल	61.6	100.0	143.2	100.0	63.3	100.0	268.1	100.0

2000 फ़ैदम से कम गहराई पर नहीं पाया जाता है। कहीं-कहीं इसका विस्तार 5000 फ़ैदम तक भी देखा जाता है। यह पक्क उष्ण समुद्रों तक सीमित है। अन्ध महासागर में इसका पूर्ण अभाव है। हिन्द महासागर के पूर्वी भाग में इसका एक छोटा क्षेत्र है। प्रशान्त महासागर में 5° से 15° उत्तरी अक्षांशों के मध्य इसका एक क्षेत्र है जो उत्तरी भूमध्यरेखीय जलधारा के साथ फैला हुआ है।

अकार्बनिक निक्षेप (Inorganic Deposits)

समुद्र नितल पर कार्बनिक निक्षेप के अतिरिक्त बड़ी मात्रा में अकार्बनिक निक्षेप पाये जाते हैं। ये निक्षेप मुख्यतः ज्वालामुखी पदार्थों एवं उल्का धूल के अवक्षेपण के द्वारा होते हैं। इस अवक्षेप में लोहा, मैगनीज ऑक्साइड, फॉस्फेट, डोलोमाइट एमोरफस, सिलिका व बाइराइट आदि के कण सम्मिलित होते हैं। इनके अतिरिक्त समुद्रों के फेल्सपार, फॉस्फोराइट व फिलिपसाइट आदि पदार्थ भी पहुँचते हैं जो रासायनिक रूपान्तर के हो जाने पर अवक्षेप में मिल जाते हैं। समुद्रों में रासायनिक क्रिया होने से कार्बनिक और अकार्बनिक अवसाद आपस में मिल जाते हैं जिससे उनको अलग-अलग देख सकना कठिन हो जाता है।¹

अकार्बनिक पदार्थों का अवक्षेपण यों तो पृथ्वी के सभी भागों में होता है, किन्तु स्थल पर इनका अस्तित्व धूल में मिल जाने से शीघ्र ही नष्ट हो जाता है। समुद्रों के नितल पर इनका अवक्षेपण धीरे-धीरे और बड़ी मात्रा में होता है, अतः समुद्रों में अकार्बनिक निक्षेपों का विशेष महत्त्व है।

लाल मृत्तिका (Red Clay)—महासागरीय निक्षेपों में सबसे अधिक विस्तार लाल मृत्तिका का देखा जाता है। प्रायः यह सभी महासागरों में पायी जाती है, किन्तु इसका निक्षेप 2700 फ़ैदम से अधिक गहरे भागों में मिलता है। यह मुख्यतया ज्वालामुखी उद्गारों से प्राप्त पदार्थों के विघटन अथवा उनके रासायनिक क्रियाओं द्वारा क्षय होने से बनती है। इसमें समुद्री जीवों के कम घिसने वाले अवशेष भी मिलते हैं जैसे ह्वेल के कान की हड्डियाँ तथा शार्क के दाँत आदि। इसमें लोहे व मैगनीज के ऑक्साइड भी पाये जाते हैं। कुछ अन्य खनिज एवं उल्का धूल भी इसमें मिली रहती है। गहराई कम होने के साथ-साथ इसमें चूना व सिलिकायुक्त पदार्थों का मात्रा का अनुपात बढ़ता जाता है।

लाल मृत्तिका अकार्बनिक निक्षेप है। यह प्रशान्त, हिन्द तथा अन्ध महासागर में पायी जाती है। अन्ध महासागर में यह 40° उत्तरी अक्षांश से 40° दक्षिणी अक्षांश के बीच पायी जाती है। हिन्द तथा प्रशान्त महासागर में यह प्रचुर मात्रा में मिलती है, परन्तु इसका अधिकांश निक्षेप पूर्वी भागों में है। उत्तरी प्रशान्त महासागर में इसका निक्षेप विशेष रूप से देखा जाता है। सभी समुद्रों में इसका विस्तार लगभग 5 करोड़ वर्गमील क्षेत्र में है।

उल्का धूल (Meteoric Dust)—पृथ्वी के धरातल पर अन्तरिक्ष से निरन्तर उल्का धूल का अवक्षेप होता रहता है। स्थलीय भागों में यह धूल मिट्टी के साथ मिल जाने से पहचानी नहीं जाती। किन्तु महासागरों में इसका निक्षेप महत्वपूर्ण होता है। इस धूल में लोहा तथा अन्य खनिजों के कण होते हैं। लोहे के कारण इसका रंग काला होता है। जब इसका मिश्रण लाल चीका के साथ हो जाता है तो इसको पृथक् रूप से पहचानना कठिन होता है।

गम्भीरसागरीय निक्षेप अत्यन्त मन्द गति से एकत्र होते हैं। उदाहरणतः, प्रशान्त महासागर की तली के अवसादों का निर्माण लगभग 20,000 वर्षों में एक इंच की गति से हुआ है।

¹ R. C. Sharma & M. Vatal : *Oceanography for Geographers*, p. 101

इसके विपरीत अन्ध महासागर की तली में अवसादों का निक्षेप दस गुना अधिक तीव्रता से हुआ है। फिर भी निक्षेपों की कुल मोटाई बहुत अधिक है। ध्वनीकरण यन्त्रों द्वारा ज्ञात हुआ है कि अन्ध महासागर के कुछ भागों में अवसादों की मोटाई 12,000 फुट तक है। इस प्रकार के निक्षेप में निश्चय ही 30 से 40 करोड़ वर्ष लगे होंगे।¹

महासागरीय निक्षेप के अन्य वर्गीकरण—भिन्न-भिन्न वैज्ञानिकों ने महासागरीय निक्षेपों को कई रूपों में और कई प्रकार से वर्गीकृत किया है। इनमें आर्थर होम्स, मरे तथा जेनकिन्स के वर्गीकरण विशेष उल्लेखनीय हैं।

मरे का वर्गीकरण—मरे के अनुसार महासागरीय निक्षेपों के दो प्रकार हैं : (1) स्थलीय या भूमिज निक्षेप, तथा (2) अगाधसागरीय या पैलेजिक निक्षेप।

(1) **भूमिज निक्षेप**—इनका निक्षेप महाद्वीपीय मग्नतट तथा महाद्वीपीय मग्नडालों पर मिलता है। ये निक्षेप मोटे कणों से बने होते हैं और उनका रंग लाल, नीला एवं पीला हो सकता है।

(2) **पैलेजिक निक्षेप**—ये निक्षेप बारीक पदार्थों से बने होते हैं और उनका रंग लाल या भूरा होता है। ये मुख्यतः महासागरीय तली में अधिक गहराई पर पाये जाते हैं।

जेनकिन्स का वर्गीकरण—जेनकिन्स ने महासागरीय निक्षेपों को तीन वर्गों में विभाजित किया है :

(1) अगाध गहराई के निक्षेप, (2) छिछले जल के निक्षेप, और (3) तटीय निक्षेप। इनका विस्तृत विवरण निम्न प्रकार है :

1. अगाध गहराई के निक्षेप (100 फीटम गहराई के नीचे)	(क) {	1. रेडियोलेरियन पंक 2. डायटम पंक 3. ग्लोबिजेरिना पंक 4. टेरोपोड पंक 5. लाल मृत्तिका	पैलेजिक निक्षेप (स्थल से दूर अगाध सागर में स्थित)
	(ख) {	1. नीली पंक 2. लाल पंक 3. हरी पंक 4. प्रवाल पंक 5. ज्वालामुखी पंक	
2. छिछले सागर के निक्षेप (ज्वार की निचली रेखा 100 फीटम तक)	{	1. रेत 2. बजरी 3. पंक	स्थलीय या भूमिज निक्षेप (स्थल के पास स्थित)
3. तटीय निक्षेप (उच्च तथा निम्न ज्वार तल के मध्य)	{	1. रेत 2. बजरी 3. पंक	

होम्स का वर्गीकरण—आर्थर होम्स ने महासागरीय निक्षेप को अप्रलिखितानुसार वर्गीकृत किया है।²

1 Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 294

2 A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 316

पदार्थों के प्रकार

निक्षेप कटिबन्ध	स्थलीय निक्षेप	रासायनिक एवं जीव-रसायन	कार्बनिक निक्षेप	
			अगम्भीर कटिबन्ध	सागरीय
तटवर्ती प्रदेश	बटुड राशि ककड़	ओलाइट बालू चूनेदार बालू	कवच रोड़े कवच एवं बालू	
गाध प्रदेश	वालू पंक	चिपकने वाला पदार्थ (10%)	प्रवाल भित्ति प्रवाल कण	
अगाध जल प्रदेश	1. गम्भीर कटिबन्ध के विभिन्न रंग के पंक 2. ज्वालामुखी पंक 3. परिप्लावी जीवों के अवशेष (15%)	चिपकने वाला पदार्थ	प्रवाल पंक	अगाध जल कटि- बन्ध के पंक, टेरोपोड, डाय- टम, रेडियो- लेरियन व ग्लोबिजेरिना (49%) लाल पंक (34%)

21

लहरें एवं धाराएँ (WAVES AND CURRENTS)

लहरें (Waves)

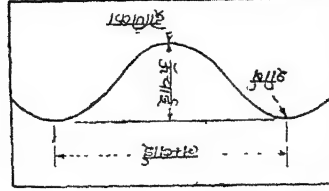
समुद्र कभी शान्त नहीं रहता। एक हल्के आघात से समुद्र में उद्वेलन हो उठता है। इसीलिए जब हवा चलती है अथवा पवन के झोके आते हैं तो समुद्र में गति उत्पन्न हो जाती है। ऐसा केवल हवा के दबाव के कारण ही होता है। हवा के प्रभाव से समुद्र का जल उसके साथ-साथ आगे बढ़ने लगता है। अतः हवा के सम्पर्क से समुद्र की सतह पर पानी के हिलने-डुलने और आगे बढ़ने तथा पीछे हटने की क्रिया को ही लहर (waves) कहा जाता है। लहरों के रूप में समुद्र का जल केवल ऊपर नीचे होता है या आगे बढ़ता है और फिर पीछे लौटता है। वह नदी की भाँति कभी भी एक स्थान को छोड़कर आगे नहीं बढ़ता। इस बात की सत्यता इससे प्रमाणित हो जाती है कि यदि लहरों के बीच कोई कॉर्क का टुकड़ा छोड़ दिया जाय तो वह लहरों के साथ ऊपर-नीचे नाचता रहेगा, लेकिन कभी भी अपना स्थान छोड़कर आगे नहीं बढ़ेगा। हवा के प्रभाव से वह अवश्य आगे बढ़ सकता है या धाराएँ उसको बहाकर दूर ले जा सकती हैं, अन्यथा स्वयं लहरों में इतनी शक्ति नहीं कि वह उसको आगे धकेल सके। लहर में जल के कण झूले की भाँति केवल इधर-उधर होते रहते हैं, लहर के बाहर कभी नहीं जाते।

लहरों का प्रभाव समुद्र के ऊपरी जल तक ही सीमित रहता है। गहराई पर लहरों का प्रभाव क्षीण होता जाता है। गहराई के बढ़ने पर लहर के आगे-पीछे होने की क्रिया की अपेक्षा ऊपर-नीचे होने की क्रिया शीघ्र नष्ट हो जाती है। लहर की लम्बाई के बराबर गहराई पर लहरों की गति समुद्र की सतह पर पायी जाने वाली गति का $\frac{1}{80}$ वाँ भाग ही रहती है। इस कारण जल की ऊपरी सतह के समीपस्थ भागों को छोड़कर अन्य स्थानों पर लहरों का बहुत ही कम प्रभाव होता है। यहाँ तक कि तूफानों से उद्वेलित समुद्रों में भी लहरों का प्रभाव जल की बहुत कम गहराई तक सीमित रहता है। ऐसा देखा गया है कि 180 मीटर (600 फुट) की गहराई पर समुद्र का जल एकदम शान्त रहता है।

समुद्र-जल में हवा के प्रभाव से लहर का जन्म होना है। लहर में जल का कुछ भाग ऊपर उठा हुआ और कुछ नीचे दबा हुआ रहता है। लहर का ऊपर उठा हुआ भाग शिखर (crest) और नीचे दबा हुआ भाग द्रोणी (trough) कहलाता है। इन्हीं के द्वारा लहरों की नाप माप ली जाती है। एक शिखर से दूसरे शिखर अथवा एक द्रोणी से दूसरी द्रोणी तक की

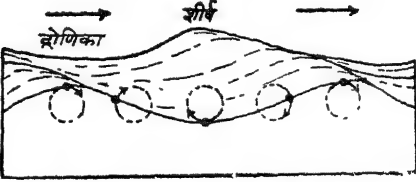
दूरी लहर की लम्बाई कहलाती है। द्रोणी और शिखर के बीच का अन्तर लहर की ऊँचाई कहलाती है।

लहर में जल की आगे की ओर गति नहीं होती, अपितु लहर का रूप ही आगे की ओर अग्रसर होता है। लहर के अग्रसर होते समय जल का प्रत्येक कण वृत्ताकार रूप में घूमता है, जिसका व्यास लहर की ऊँचाई के बराबर होता है। जैसा कि नीचे के चित्र से स्पष्ट है जल-कणों की गति शिखर (crest) में आगे की ओर, द्रोणी (trough) में पीछे की ओर, सम्मुख ढाल के मध्य में ऊपर की ओर तथा विपरीत ढाल के बीच नीचे की ओर होती है। इस प्रकार लहर में जल-कण का पूरा वृत्ताकार चक्कर काटते हैं। लहर में जल-कण झुले की पैग की भाँति जितने ही आगे बढ़ते हैं, उतने ही वापस पीछे लौटते हैं। लहरों में जल की इस प्रकार की गति को दोलन (oscillation) कहा जाता है।



चित्र 173—लहर का आकार

समुद्र में जल की गति और लहर का रूप दोनों स्वतन्त्र हैं। समुद्र-जल की गति और लहर की स्वतन्त्रता का आभास उस समय सरलता से हो जाता है जब नदी की सतह पर वायु-प्रवाह धारा के उल्टी दिशा में होता है। ऐसी दशा में धारा का जल आगे की ओर बहता है परन्तु हवाजनित लहरें धारा में पीछे की ओर चलती हुई लगती हैं।



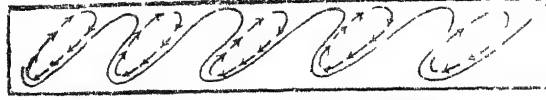
चित्र 174—लहरों में जल का दोलन

समुद्र में जल का दोलन (oscillation) और समुद्र के विस्तार (fetch of water) पर निर्भर करती है। हवा के वेग के साथ ही लहरों का आकार भी छोटा-बड़ा होता रहता है। समुद्र में प्रचण्ड तूफानों (gales) के समय बनने वाली भयंकर लहरों को प्रायः सीज (seas) कहा जाता है। ऐसी लहरों की ऊँचाई प्रायः 30 से 40 फुट होती है। कदाचित् ही उनकी ऊँचाई 50 फुट से अधिक पहुँचती है। इनकी लम्बाई 300 से 1500 फुट और उससे भी अधिक रहती है। लहरों की गति 20 से 60 मील प्रति घण्टा होती है। एक शिखर से दूसरे शिखर के बीच की अवधि कठिनाई से 10-12 सैकिण्ड होती है। महासागरों में सबसे अधिक ऊँची और भयंकर लहरें दक्षिणी महासागरों में उठती हैं, क्योंकि यहाँ समुद्र का लम्बा विस्तार, अबाधित हवाओं की प्रचण्ड गति और तूफान की दीर्घ अवधि सब मिलकर उसके विराट रूप को बनाने में योग देते हैं।

प्रचण्ड तूफानों द्वारा उठी हुई लहरें जो 20 से 60 मील प्रति घण्टा की गति से चलती हैं, समुद्र में चलते-चलते शीघ्र ही तूफानी क्षेत्रों से दूर पहुँच जाती हैं। तूफानों से दूर हो जाने पर भी उनकी लम्बाई और तीव्रता में कोई अन्तर नहीं आता। अन्तर केवल उनकी ऊँचाई में आता है। दूरी बढ़ने के साथ-साथ इनकी ऊँचाई घटती जाती है। ऊँचाई घटने पर लहर के इस रूप को महानरंग (swell) कहते हैं।

शान्त मौसम में समुद्र का जल गतिहीन रहता है। उसकी सतह बिल्कुल एक समान और काँच की तरह चमकीली रहती है। परन्तु वह बिल्कुल ही समतल और शान्त नहीं होता, क्योंकि दूर समुद्र में तूफानों द्वारा उठी लहरें निरन्तर आती रहती हैं, जो समुद्र-जल में गति बनाये रखती हैं। प्रायः वायु की प्रशान्त पेटी (डोलड्रम) में पड़ा जहाज सदा ही इन लहरों के सग मस्ती से ऊपर-नीचे डोलता देखा जाता है।

जब लहरें तट के समीप छिछले जल में पहुँचती हैं तो उसकी गति कमजोर पड़ जाती है। गति कमजोर पड़ जाने से लहर का शिखर ऊँचा होता जाता है और द्रोणी नीचे बैठती जाती है।



चित्र 175—अण्डाकार भग्नोर्मि

इस तरह ज्यो-ज्यो लहर तट के समीप पहुँचती जाती है उसका अग्रभाग पीछे के हिस्से की अपेक्षा-कृत बड़ा ही प्रपाती होता जाता है। लहर का बढ़ता हुआ यह रूप जब किसी लम्बे, समतल और



चित्र 176—भग्नोर्मि

लहर को 'भग्नोर्मि' (brakers or surf) कहा जाता है। कभी-कभी इस प्रकार की लहर को 'अग्रगामी लहर' (wave of translation) भी कहते हैं।

भग्नोर्मि की उपमा चक्की से दी जा सकती है जिसमें कंकड़, पत्थर, ढोंके अष्टीला और बालू आदि महीन से महीन पिसते जाते हैं। भग्नोर्मि के साथ कंकड़ों के आगे-पीछे होने से उत्पन्न ध्वनि को भी आसानी से सुना जा सकता है।

जब लहर तट के समीप आकर टूट जाती है तो उसका जल तली (bottom) के साथ-साथ नीचे ही नीचे धारा की तरह पुनः समुद्र की ओर प्रवाहित हो जाता है। समुद्र के ढाल की ओर इस प्रकार पुनः लौटते हुए जल को प्रतिधावन (backwash) कहा जाता है।

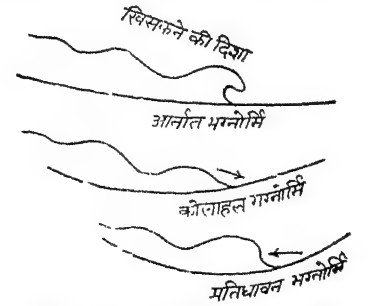
12 सितम्बर 1889 ई० को एक बार पश्चिमी द्वीपसमूह में भयंकर प्रभजन (हरीकेन) का जन्म हुआ, जिसका रुख कैरोलीना तट की ओर था।



चित्र 178—प्रतिधावन

तट पर नहीं लग पाती। जिन महातरंगों (swell) के कारण ये भग्नोर्मि बनती हैं, वे सम्भवतः उन तूफानों से आती हैं जो कि उत्तरी अन्ध महासागर के शीतोष्ण भागों में पैदा होती हैं।¹

जब लहरें किसी चट्टानी और खड़े ढाल वाले तट पर बिना किसी क्रम के चोट करती हैं तो उनके आगे-पीछे हटने के साथ-साथ तीव्र आवाज और झाग (foam) उत्पन्न हो जाते हैं। तूफानों के समय जल के छोटे 50 से 100 फुट ऊपर हवा में उठ जाते हैं। इन भीषण काल-रूपी लहरों में असीम शक्ति होती है। इस फुट या उससे भी अधिक व्यास वाले चट्टानों के खण्डों को ये लहरें



चित्र 177—भग्नोर्मि की दशाएँ

इस प्रभजन के कारण न्यूजर्सी-तट पर विकराल भग्नोर्मि (swell) की उत्पत्ति हुई, जबकि तूफानी क्षेत्र उस समय भी एक हजार मील की दूरी पर था। दक्षिणी अन्ध महासागर में स्थित सेण्ट हेलीना नामक द्वीप पर जब जहाज आते हैं तो जहाज से आने वाली नावें प्रायः स्वच्छ मौसम में भी इन लहरों के कारण

1 W. M. Davis : Physical Geography, p. 113

आसानी से हिला देती है। लहरों का कार्य अपने तट तक ही सीमित नहीं होता। वह दस, बीस या उससे भी अधिक गहराई वाले समुद्री पेंदे के पदार्थों को हटाकर उनको बारीक पीस देती हैं और अत्यन्त बारीक व हल्के पदार्थों को एकदम शान्त और गहरे पानी में ले जाकर छोड़ देती हैं।

ज्वालामुखी लहरें—जब कभी भू-तल पर किसी कारणवश ज्वालामुखी का उद्गार होता है और संयोग से यदि उसका छिद्र समुद्र के भीतर हुआ तो उसके ऊपर महामागर का समस्त जल-पिण्ड हिल उठता है और लम्बी-लम्बी लहरे चारों ओर दूर-दूर तक फैल जाती है। भूकम्प अथवा ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न इन लहरों की गति बड़ी ही तीव्र होती है। जब ये लहरें किसी छिछले समुद्रतट पर पहुँचती हैं तो भारी विनाश उपस्थित कर देती हैं।

जावा और सुमात्रा के बीच काकाटोआ द्वीप में सन् 1883 को भीषण ज्वालामुखी उभाड़ के कारण समुद्र में जो लहरे उत्पन्न हुईं, वे संसार में दूर-दूर तक चारों ओर फैल गयीं। इन लहरों की साधारण औसत गति 400 मील प्रति घण्टा थी। यद्यपि दूर तटों पर इन लहरों का प्रभाव बहुत हल्का था, परन्तु काकाटोआ के समीप भूमि-तट पर 40 से 80 फुट की ऊँचाई से ये लहरे टूट पड़ीं। इससे द्वीप की निम्न भूमि बाढ़ से ग्रसित हो गयी, कई गाँव बाढ़ में नष्ट हो गये और हजारों निवासियों की जल में आहुति लग गयी। यही नहीं, समुद्र में तैयार हुआ एक विशालकाय जहाज द्वीप में डेढ़ मील भीतर समुद्र-तल से 30 फुट ऊँची भूमि पर आ टिका।

उत्तरी प्रशान्त महासागर में 15 जून, 1896 को भीषण ज्वालामुखी विस्फोट के कारण उत्तरी जापान के किनारे एक ऐसी विनाशकारी लहर का जन्म हुआ जो कि 10 से 15 फुट ऊँची थी। इस लहर के विनाशस्वरूप जापान का 175 मील लम्बा तट बेकार हो गया। कई स्थानों पर तट की सम्पूर्ण रूपरेखा ही बदल गयी। गाँव के गाँव नष्ट हो गये और हजारों एकड़ उपजाऊ भूमि बिलकुल बेकार हो गयी। मछुओं की कई हजार नावें टूटकर चकनाचूर हो गयीं अथवा बहकर दूर चली गयीं। कुछ ही समय में 20,000 मनुष्य काल के मुख में चले गये और 60,000 आक्रान्त व्यक्ति बे-घरबार होकर शरणार्थी बन गये।¹

महासागरीय धाराएँ (Ocean Currents)

समुद्र की उन समस्त घटनाओं में जो कि उसके ऊपर-नीचे होती रहती हैं, धाराओं का महत्त्व सबसे अधिक है। धाराओं का यह महत्त्व केवल इसलिए नहीं है कि इनसे समुद्री परिवहन में सहायता मिलती है अथवा बन्दरगाहों के लिए उत्तम स्थिति निर्धारित करती हैं, अपितु इनका महत्त्व इस बात में निहित है कि ये पृथ्वी पर तापमान का सन्तुलन बनाये रखने में योग देती हैं। भूगोल के अध्ययन में धाराओं का इसीलिए विशेष महत्त्व है।

धाराएँ महासागरों की एक शक्तिशाली गति है। इनके अन्तर्गत महासागरों का जल एक निश्चित दिशा में निरन्तर चला करता है। लहरों में जल कभी अपना स्थान नहीं छोड़ता, परन्तु धाराओं में जल का प्रवाह आगे की ओर होता है। महासागरों की यह गति ठीक धरातल पर बहने वाली नदियों के अनुरूप होती है। अतः यह कहा जा सकता है कि धाराएँ समुद्र में बहने वाली एक प्रकार की नदियाँ हैं जो नियमित रूप से निश्चित दिशा की ओर बहती हैं। मोन्कहाउस के अनुसार, “समुद्री सतहों की विशाल जलराशि की एक निश्चित दिशा में होने वाली सामान्य गति को महासागरीय धारा कहते हैं।”²

¹ *Ibid* : p. 114

² “The general movement of mass of surface water in a fairly defined direction is known as ocean current.”—F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 302

समुद्रों में धाराओं का प्रवाह नदियों के समान होता है। अतः सागर-पृष्ठ पर यह गति स्पष्ट रूप से दृष्टिगोचर होती है। धाराओं के किनारे पर स्थिर जलराशि होती है। अतः महासागरों में स्थिर किनारे और धाराएँ स्पष्ट देखे जा सकते हैं। धाराओं की गति विभिन्न महासागरों में भिन्न-भिन्न होती है। सामान्यतः सागर सतह पर धाराओं की गति 2 से 7 मील प्रति घण्टा के बीच होती है। सतह के नीचे धाराओं का वेग अपेक्षाकृत अधिक होता है।

धाराओं की गति, विस्तार एवं सीमा आदि में अन्तर होने पर इनका रूप बदल जाता है। धाराओं के निम्न रूप देखे जा सकते हैं।

प्रवाह (Drift)—यह समुद्र-जल की अदृश्य गति है जो समुद्र की सतह पर होती है। यह गति हवा के झोंकों से उत्पन्न होती है। यह बहुत ही मन्द गति है। पूरे दिन में इसकी गति 10-15 मील ही होती है। समुद्रों में इसका वास्तविक विकास जल के घनत्व, खारापन, तापमान तथा दाब की भिन्नता के कारण होता है। इसके द्वारा खारापन, तापमान एवं घनत्व का अन्तर दूर हो जाता है। प्रवाह धाराओं की तरह चौड़ा तथा उथला होता है, किन्तु इसकी सीमा का कोई निश्चित निर्धारण नहीं किया जा सकता। प्रवाह का सर्वोत्तम उदाहरण उत्तरी अर्ध महासागरीय प्रवाह (North Atlantic Drift) है। महासागरों में प्रवाहित बहुत-सी धाराएँ चौड़ी तथा उथली होने पर प्रवाह का रूप ले लेती हैं जैसे उत्तरी प्रशान्त महासागर में क्यूरोशिवो धारा उत्तरी प्रशान्त महासागरीय प्रवाह में बदल जाती है।

धारा (Current)—प्रवाह का वेग धीमा होता है, परन्तु धारा का वेग बहुत अधिक होता है। प्रवाह की अपेक्षा इसकी सीमाएँ भी अधिक निश्चित होती हैं। अतः समुद्र में जल की प्रवाह गति अधिक निश्चित सीमा में और अपेक्षाकृत अधिक वेग से होती है तो उसे धारा (current) कहते हैं। धाराओं का वेग 18 से 26 मील प्रति घण्टा के बीच होता है। धाराएँ गरम तथा ठण्डी दोनों प्रकार की होती हैं। ये अपने तापमान, घनत्व, खारापन और दबाव में एक-दूसरे से तथा समुद्र-जल से नितान्त ही भिन्न होती हैं। महासागरों में प्रवाह की अपेक्षा धाराएँ अधिक चला करती हैं, इसलिए सहज ही इनका महत्त्व अधिक है।

स्रोत (Stream)—समुद्र में जल की प्रवाह गति जब बहुत ही सुनिश्चित सीमा में और अत्यधिक वेग से होती है तो उसे स्रोत (stream) कहा जाता है। इस प्रकार स्रोत प्रवाह एवं धारा की अपेक्षा अधिक सीमाबद्ध, संकुचित और गतिमान होता है। स्रोत में जल की गति सबसे अधिक होती है। कहीं-कहीं इसकी गति 55 मील प्रति घण्टा तक पायी जाती है। स्रोत का सर्वोत्तम उदाहरण गल्फ स्ट्रीम (Gulf Stream) है। गल्फ स्ट्रीम की अधिकतर भाग की सीमाएँ सरलता से निर्धारित की जा सकती हैं। इसकी गति भी बहुत निश्चित और तेज है। अतः इसको उष्ण जल का स्रोत कहना ही अधिक उपयुक्त है।

सरकन (Creep)—सरकन समुद्र-जल के भीतर की गति है। यह गति ठण्डे और भारी जल के नीचे बैठने के कारण उत्पन्न होती है, अतः महासागरीय निम्न धाराएँ सरकन (creep) कहलाती हैं। जल ठण्डा होने पर सिकुड़ता है और घनत्व में बढ़ता जाता है। इस कारण ध्रुवों से बड़ी मात्रा में ठण्डा जल समुद्र की तली के साथ धीरे-धीरे सरकन के रूप में विषुवत रेखा की ओर प्रवाहित होता है। इसी प्रकार सरकन भी समुद्र-जल के घनत्व और तापमान की सम करने में सहायता करता है।

धाराओं के कारण

धाराएँ समुद्र-जल की एक नियमित गति हैं। समुद्रों में यह गति क्यों होती है, इस सम्बन्ध में बड़ा मतभेद रहा है। पहले लोगों का यह विश्वास था कि समुद्रों में धाराएँ पृथ्वी के परिभ्रमण के कारण चला करती हैं। समुद्री धाराएँ पूर्व से पश्चिम को चला करती हैं जो कि

परिभ्रमण के कारण ही सम्भव है। धाराओं की दिशा पर चन्द्रमा के आकर्षण का प्रभाव भी होना माना गया। बाद में धाराओं की उत्पत्ति के लिए तापमान का अन्तर एवं स्थायी हवाओं को उत्तरदायी ठहराया गया। वर्तमान समय में समुद्र-विज्ञान की बड़ी प्रगति हुई है, जिससे इस विषय पर अधिक प्रभाव पड़ा है। आजकल समुद्र-विज्ञान के नये परिवेश में धाराओं की उत्पत्ति के लिए निम्न कारणों को स्वीकार किया गया है :

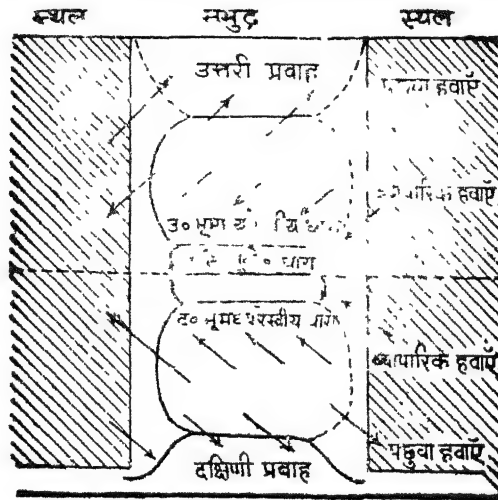
- (1) पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण एवं परिभ्रमण,
- (2) वायुदाब और हवाएँ,
- (3) वाष्पीकरण और वर्षा,
- (4) घनत्व में अन्तर,
- (5) तापमान की भिन्नता,
- (6) महाद्वीपों का आकार।

(1) पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण एवं परिभ्रमण—पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण से अभिकेन्द्र बल (centripetal force) और परिभ्रमण के कारण अपकेन्द्र बल (centrifugal force) की उत्पत्ति होती है। अभिकेन्द्र बल से पृथ्वी की समस्त वस्तुएँ केन्द्र की ओर आकर्षित होती हैं और अपकेन्द्र बल से प्रत्येक वस्तु पृथ्वी से बाहर की ओर खिंचती है। पृथ्वी एक धुरी पर परिभ्रमण करती है। परिभ्रमण करते समय सबसे बड़ा वृत्त विषुवत रेखा के निकट होता है। अतः अभिकेन्द्र बल विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर बढ़ता जाता है। समुद्रों में गहराई के साथ भी गुरुत्व में वृद्धि होती जाती है। समुद्रों के भीतर गुरुत्व में इस वृद्धि का जल की गति पर निश्चित प्रभाव होता है।

पृथ्वी अपनी धुरी पर निरन्तर पश्चिम से पूरब को परिभ्रमण करती रहती है। महासागरो का जल तरल होने से वह ठोस पृथ्वी की गति की समानता नहीं कर सकता। अतः महासागरीय जल में शनैः-शनैः पश्चिम की ओर गति उत्पन्न हो जाती है जो धारा का रूप ले लेती है। विपरीत विषुवतरेखीय धारा जो पश्चिम से पूर्व की ओर प्रवाहित होती है, बहुत कुछ पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कारण ही उत्पन्न होती है।

पृथ्वी के परिभ्रमण से समुद्र जल में विक्षेप (deflection) उत्पन्न होता है। फलस्वरूप समुद्र का गतिशील जल उत्तरी गोलार्द्ध में दाहिनी ओर तथा दक्षिणी गोलार्द्ध में बायी ओर घूम जाता है। इसी विक्षेप से महासागरों के मध्य में भँवर (eddy) की उत्पत्ति होती है।

(2) वायुदाब और हवाएँ—हम जानते हैं कि समुद्र-तल पर वायु का प्रति वर्ग इंच लगभग 15 पौण्ड दाब पड़ता है। किन्तु वायु का दाब धरातल पर सर्वत्र समान नहीं है। कहीं अधिक वायुदाब और कहीं कम वायुदाब मिलता है। वायुदाब की इस भिन्नता का समुद्र-जल की सतह पर भी प्रभाव होता है। वायु के दबाव से समुद्र-जल उसी प्रकार नीचे दबता है जिस प्रकार वायुदाबमापी में पारा अधिक दबाव में नीचे दबता है। अतः कम वायुदाब वाले समुद्री क्षेत्रों में जल की सतह ऊँची



चित्र 179—धाराओं का प्रचलित पवनों से सम्बन्ध

तथा अधिक वायुदाब वाले समुद्री क्षेत्रों में जल की सतह नीची होती है।¹ फलस्वरूप समुद्रों में ऊँची सतह वाले क्षेत्रों से जल नीची सतह वाले क्षेत्रों की ओर प्रवाहित होता है। समुद्रों के भिन्न-भिन्न भागों में वायुदाब की भिन्नता का प्रभाव वहाँ के जल की गति तथा दिशा पर पड़ते हुए देखा गया है।

चलती हुई वायु में अपार शक्ति होती है। जब वायु समुद्र की सतह पर होकर गुजरती है तो जल को गति प्रदान करती है। वायु अपने घर्षण (friction) से समुद्र-जल को अपने प्रवाह की दिशा में आगे बढा ले जाती है। अतः धरातल पर चलने वाली स्थायी पवने प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से धाराओं की उत्पत्ति का कारण होती है। यह इस बात से स्पष्ट है कि ससार की अधिकतर प्रमुख धाराएँ सनातन पवनो का ही अनुगमन करती हैं। उत्तरी तथा दक्षिणी विषुवतरेखीय जल धाराएँ सन्मार्गी पवनो के प्रभाव से ही पूर्व से पश्चिम को चलती हैं। अन्ध महासागर में गल्फ स्ट्रीम एवं प्रशान्त महासागर में क्यूरोशिवो धाराएँ पछुवा हवाओं के कारण ही पश्चिम से पूर्व को चलती हैं। हिन्द महासागर में चलने वाली धाराएँ तो प्रति छह माह पश्चात् मानसून की दिशा परिवर्तन के साथ ही अपनी दिशा बदल देती हैं। अतः स्पष्ट है कि समुद्रों में जल की गति प्रदान करने में वायु के घर्षण का ही अधिक महत्त्व है। सन् 1878 में कार्ल जोपरिज ने वायु की दिशा तथा धाराओं की दिशा के मध्य सम्बन्ध को गणित द्वारा प्रमाणित किया। स्वर्ूप ने भी गणना करके यह बताया कि वायु और धाराओं के चलने की गति के बीच एक निश्चित अनुपात रहता है। जैसे यदि वायु 50 किमी प्रति घण्टे की गति से चल रही है तो धारा की गति १/३ किमी होगी। कार्ल जोपरिज की यह धारणा थी कि वायु की गति से समुद्र का जल उसकी सम्पूर्ण गहराई तक प्रभावित होता है और जिस प्रकार वायु के घर्षण से सतह के जल में गति उत्पन्न होती है उसी प्रकार गहराई के जल में भी गति पैदा होती है। किन्तु वस्तुस्थिति ऐसी नहीं है। वस्तुतः वायु की गति का प्रभाव समुद्र-जल की गहराई के साथ घटता जाता है। फिण्डले ने बताया है कि समुद्र में वायु की गति का प्रभाव 30 या 35 फुट की गहराई तक ही विणेष होता है। गहराई के साथ जल का घनत्व बढ़ता जाता है और अधिक घनत्व वाले जल पर वायु की गति का कम प्रभाव होता है।

समुद्र की अधिक गहराई में वायु का चाहे प्रभाव न पड़ता हो परन्तु उसकी सतह का जल अवश्य ही प्रभावित होता है। हमारे सम्मुख ऐसे प्रत्यक्ष उदाहरण हैं कि यदि समुद्रों से होकर निरन्तर एक ही दिशा से चलने वाली हवा के सम्मुख कोई स्थल भाग आ जाये तो वहाँ समुद्र की सामान्य सतह से अधिक ऊँचाई तक जल एकत्रित हो जाता है। केरीबियन सागर और मेक्सिको की खाड़ी इसके प्रमाण हैं। सन्मार्गी हवाओं के कारण मेक्सिको की खाड़ी में अधिक मात्रा में ताप और लवणता का जल एकत्रित हो जाने से समुद्र-जल की सतह में अन्तर पैदा हो जाता है जिससे वहाँ गल्फ स्ट्रीम का जन्म होता है। अब तो यह निर्विवाद है कि समुद्रों में धाराओं को जन्म देने में पवनो का ही प्रमुख हाथ है। प्रसिद्ध समुद्र-विज्ञानवेत्ता मरे का तो यहाँ तक कहना है कि पवने धाराओं की जन्मधात्री ही नहीं, अपितु उनकी दिशा निर्धारित करने और उनकी गति को बनाये रखने में भी बहुमूल्य योग देती हैं।²

(3) वाष्पीकरण और वर्षा—धरातल पर प्राप्त सूर्याभिताप की मात्रा भिन्न-भिन्न भागों में भिन्न होती है। सूर्याभिताप की इस भिन्नता का प्रभाव समुद्र-जल के वाष्पीकरण पर भी भिन्न प्रकार से होता है। ऊँचे अक्षांशों की अपेक्षाकृत निम्न अक्षांशों में सूर्याभिताप की अधिकता से

¹ J. Proudman : *Dynamical Oceanography*, p. 38

² John Murray : *The Oceans*, p. 67

वाष्पीकरण अधिक होता है। अधिक वाष्पीकरण से समुद्र-जल की लवणता और घनत्व बढ़ता है। फलस्वरूप ऐसे समुद्री भागों में जल की सतह नीची हो जाती है। समुद्र-जल की सतह के इस प्रकार ऊँचा-नीचा होने से जल में गति उत्पन्न होती है और जल ऊँची सतह से नीची सतह को प्रभावित होने लगता है।

वाष्पीकरण के समान वर्षा की न्यूनाधिकता के कारण भी समुद्र-जल की सतह ऊँची-नीची होती है। सामान्यतः अधिक वर्षा वाले समुद्री भागों में जल की सतह ऊँची और कम वर्षा वाले समुद्री भागों में जल की सतह नीची होती है। फिर अधिक वर्षा वाले क्षेत्रों की अपेक्षा कम वर्षा वाले क्षेत्रों का जल अधिक घनत्व एवं लवणता का होता है, जिससे भी वहाँ जल की सतह नीची हो जाती है। अतः स्पष्ट है कि वाष्पीकरण एवं वर्षा की भिन्नता का समुद्र-जल के संचार पर गहरा प्रभाव पड़ता है। विषुवतरेखीय भागों में अधिक वर्षा होने से ही वहाँ समुद्र-जल की सतह मध्य अक्षांशों के समुद्र-जल की सतह से ऊँची रहती है। यही कारण है कि विषुवतरेखीय भागों से मध्य अक्षांशों तथा ध्रुवीय प्रदेशों से मध्य अक्षांशों की ओर समुद्र-जल का सतही संचार होता है, जबकि मध्य अक्षांतरो से ध्रुवों तथा विषुवतरेखीय भागों की ओर समुद्र-जल का अधःसागरीय संचार होता है।

(4) घनत्व का अन्तर—समुद्रों में गहराई के साथ उत्तरोत्तर दबाव (pressure) में वृद्धि होती जाती है। दबाव की वृद्धि से जल का घनत्व भी बढ़ता जाता है। इस प्रकार समुद्रों में सतह पर हल्का जल और गहराई में भारी जल मिलता है। घनत्व के इस अन्तर के कारण समुद्रों में भार प्रवणता (pressure gradient) स्थापित हो जाती है जिससे जल में लम्बवत गति होती है। भार प्रवणता के अध्ययन से यह भी स्पष्ट विदित हो जाता है कि यदि किसी कारणवश सतह के जल के घनत्व में वृद्धि हो जाती है तो सतह का जल शीघ्र ही गहराई की ओर अवतलित हो जायगा। समुद्र-जल का घनत्व वाष्पीकरण एवं लवणता की वृद्धि के कारण भी बढ़ जाता है। इस प्रकार घनत्व के अन्तर के कारण समुद्री धाराओं का जन्म होता है। सामान्यतः विषुवतरेखीय भागों से समुद्रों का जल सतही धाराओं के रूप में ध्रुवों की ओर प्रवाहित होता है। ध्रुवों के समीप हिम के पिघलने से जल की लवणता घट जाती है। फलस्वरूप वहाँ समुद्री जल का घनत्व भी कम हो जाता है। ध्रुवीय प्रदेशों से ठण्डी धाराओं के चलने का यही कारण माना गया है।

मध्य अक्षांतरो में स्थित खुले महासागरो एवं अंशतः स्थल से घिरे समुद्रों के मध्य भी इसी कारण धाराएँ चला करती है। उदाहरणतः, जिब्राल्टर की संकीर्ण जल-सन्धि के द्वारा एक सतही धारा (surface current) अन्ध महासागर से भूमध्य सागर की ओर तथा दूसरी अधः-सागरीय धारा (under current) भूमध्य सागर से अन्ध महासागर की ओर चलती है। इन दोनों धाराओं के चलने का कारण स्पष्ट है। भूमध्य

सागर भूमि से घिरा हुआ एक ऐसा सागर है जिसमें नदियों द्वारा बहुत कम पानी पहुँचता है, किन्तु गर्मी के कारण पानी वाष्प में बदलकर अधिक उड़ जाता है। इस कारण भूमध्य सागर का तल (level) बहुत नीचे चला जाता

है। भूमध्य सागर में जल की इस पूर्ति के लिए अन्ध महासागर से एक धारा प्रवेश करती है। यदि अन्ध महासागर से ऐसी कोई धारा इसमें प्रवेश न करती तो भूमध्य सागर सूखकर कभी का एक गर्त-मात्र रह गया होता। इसके अतिरिक्त यह सागर चारों ओर भूमि से आवद्ध है। अतः यहाँ वाष्पीकरण अधिक होता है। इसका प्रभाव जल के खारेपन पर होता है जिससे जल क्रमशः भारी होता जाता है। किन्तु अन्ध महासागर एक खुला महासागर है। वहाँ ऐसी कोई अवस्था नहीं पायी



चित्र 180—घनत्व में अन्तर के कारण धाराओं का चलना

जाती। अतः अन्ध महासागर और भूमध्य सागर के जल में खारेपन और घनत्व का अन्तर ही दोनों के मध्य एक अधःसागरीय धारा (भूमध्य सागर से अन्ध महासागर को) स्थापित करने में योग देता है। मारमोरा सागर से इसी प्रकार गुप्त धाराएँ बास्फोरस और डाडेंनलीज जल-सन्धियों द्वारा काला सागर और एजियन सागर में तथा इनसे सतही धाराएँ मारमोरा सागर की ओर चला करती हैं। उपरोक्त बात से यह स्पष्ट है कि जहाँ कहीं दो भिन्न घनत्व वाले समुद्र आपस में मिलते हैं, उनके बीच धाराएँ चलना प्रारम्भ हो जायेगी और जब तक ऐसी अवस्थाएँ बनी रहेगी धाराओं का क्रम भी बना रहेगा। समुद्री जल के घनत्व पर तापमान, दबाव एवं लवणता तीनों का प्रभाव पड़ता है। अतः घनत्व द्वारा उत्पन्न धाराओं का संचालन भी जटिल होता है।

(5) **तापमान की भिन्नता**—महासागरों में सर्वत्र जल का तापमान एक समान नहीं पाया जाता। महासागरों के भिन्न भागों में तापमान की यह भिन्नता धाराओं की उत्पत्ति में महत्वपूर्ण स्थान रखती है। तापमान की अधिकता होने पर जल गरम होकर आयतन में फैलता है और फैलकर आगे बढ़ता है। तापमान की कमी होने पर वह सिकुड़कर अर्थात् भारी होकर नीचे बैठता है। विषुवतरेखीय प्रदेशों में गर्मी की अधिकता से समुद्र-जल फैलकर ध्रुवों की ओर अग्रसर होता है। इस जल की पूर्ति के लिए ध्रुवों का शीतल जल विषुवत रेखा की ओर प्रवाहित होता है। ठण्डे प्रदेशों से आने के कारण एवं शीतल होने से यह पानी भारी होता है। अतः ध्रुवों से विषुवत रेखा की ओर आने वाला जल समुद्रों में अधःसागरीय धारा के रूप में प्रवाहित होता है।

(6) **महाद्वीपों का आकार**—धाराओं की उत्पत्ति पर महाद्वीपों के तटीय आकार का भी प्रभाव होता है। महाद्वीपों से टकराकर समुद्र-जल धारा के रूप में बहने लगता है। जब दक्षिणी विषुवतरेखीय धारा दक्षिणी अमरीका के सेण्टरॉक अन्तरीप से टकराती है तो उसका कुछ जल उत्तरी विषुवतरेखीय धारा से जा मिलता है और उसका कुछ भाग दक्षिण की ओर ब्राजील तट के साथ-साथ 'ब्राजील धारा' के नाम से बहता है। मेक्सिको की खाड़ी के विशेष आकार का गल्फ स्ट्रीम धारा की उत्पत्ति पर प्रभाव पड़ना स्वाभाविक है।

यद्यपि उपरोक्त बताये गये सभी कारण धाराओं की उत्पत्ति में योग देते हैं। किन्तु इनमें से धारा विशेष की उत्पत्ति के लिए कब और कौनसा कारण लागू होता है, यह प्रामाणिकता के साथ कह सकना कठिन है। सच तो यह है कि धाराओं की उत्पत्ति किसी एक कारण से नहीं होती बरन् विभिन्न कारणों के मिले-जुले योग से ही उनका जन्म होता है।

धाराओं की दिशा

महासागरीय धाराओं की प्रवाह-दिशा कभी एकसी नहीं रहती। उन पर निम्न बातों का प्रभाव पड़ता है :

- (1) प्रचलित स्थायी हवाएँ,
- (2) पृथ्वी की परिभ्रमण गति,
- (3) महाद्वीपों के तटों की आकृति,
- (4) समुद्र-तल की बनावट,
- (5) जलमग्न बाधाएँ।

(1) **प्रचलित स्थायी हवाएँ**—प्रचलित हवाएँ न केवल धाराओं को जन्म ही देती हैं, अपितु उनकी दिशा निर्धारित करने में बड़ा प्रभाव डालती हैं। यह बात विश्व के धाराओं सम्बन्धी मानचित्र पर दृष्टि डालने से सहज ही प्रकट हो जाती है। अनेक समुद्री धाराओं की दिशा प्रचलित स्थायी हवाओं के अनुरूप ही देखी जाती है। धाराओं के प्रभाव से ही सन्मार्गी हवाओं की पेटियों में धाराओं की दिशा प्रायः पूर्व से पश्चिम की ओर रहती है, जबकि पछुवा हवाओं की पेटियों में इनकी दिशा मुख्यतः पश्चिम से पूर्व की रहती है। उत्तरी अन्ध महासागर में बहने वाली गल्फ

अन्ध महासागर की धाराएँ

(1) **उत्तरी विषुवतरेखीय जलधारा**—अन्ध महासागर में विषुवत रेखा के उत्तर में उत्तरी-पूर्वी सन्मार्गी पवनो के द्वारा एक उष्ण जलधारा प्रवाहित होती है जो भूमध्य रेखा के उष्ण जल को पूर्व से पश्चिम को धकेलती है। यही **उत्तरी विषुवतरेखीय जलधारा** कहलाती है। कैरेबियन सागर में इस जलधारा के दो भाग हो जाते हैं, जो कि पश्चिमी द्वीपसमूह के कारण होते हैं। एक शाखा उत्तर की ओर अमरीका के पूर्वी-तट के साथ बहकर गल्फ स्ट्रीम में मिल जाती है और दूसरी दक्षिण की ओर चलकर मेक्सिको की खाड़ी में पहुँच जाती है।

(2) **फ्लोरिडा की धारा**—उत्तरी विषुवतरेखीय जलधारा और दक्षिणी विषुवतरेखीय



जलधारा की उत्तरी शाखा, दोनों का पानी कैरेबियन सागर में होकर यूकटन जल-सन्धि द्वारा मेक्सिको की खाड़ी में पहुँचता है। यहाँ मिसिसिपी नदी भी बड़ी मात्रा में जल उँडेलती है। जल की अपरिमित राशि के कारण मेक्सिको की खाड़ी का तल अन्ध महासागर के तल से ऊँचा उठ जाता है। इस कारण यहाँ एक गरम धारा का जन्म होता है। यह धारा जब फ्लोरिडा और क्यूबा के बीच बहती है तो इसे **फ्लोरिडा की धारा** के नाम से पुकारते हैं। यह सम्भवतः संसार की सबसे तीव्र धारा है। यह धारा दो मील गहरी है और प्रति घण्टा तीन मील की गति से बहती है।

(3) **गल्फ स्ट्रीम की धारा**—इस जल-धारा की उत्पत्ति मेक्सिको की खाड़ी में होती है, इसलिए इसे गल्फ स्ट्रीम अर्थात् खाड़ी की

चित्र 181—अन्ध महासागर की धारा

धारा कहते हैं। यह जलधारा फ्लोरिडा जलडमरूमध्य से निकलकर उत्तरी अमरीका के पूर्वी-तट के साथ-साथ उत्तर की ओर बहती है। हैलीफेक्स के दक्षिण से इसका प्रवाह पूर्णतः पूर्व की ओर हो जाता है। यहाँ इसे पछुवा हवाएँ आगे बहा ले जाती हैं। 45° पश्चिमी देशान्तर के निकट इसकी चौड़ाई बढ़ जाती है, जिससे धारा के रूप में इसका चरित्र बिल्कुल नष्ट हो जाता है। फलतः यहाँ उसका नाम उत्तरी अटलांटिक प्रवाह (North Atlantic Drift) पड़ जाता है। यही प्रवाह फिर पश्चिमी यूरोप में नॉर्वे की ओर चली जाती है और उत्तरी ध्रुव सागर में विलीन हो जाती है।

(4) **नॉर्वे की धारा (Norwegian Current)**—उत्तरी अन्ध महासागरीय प्रवाह की जो शाखा स्केण्डिनेविया-तट के सहारे बहती है, उसे नॉर्वे की ठण्डी धारा कहते हैं। यह धारा स्केण्डिनेविया-तट से आगे बेरण्ट्स समुद्र (Barents Sea) में होती हुई स्पिट्सबर्जन द्वीप तक पहुँचकर समाप्त हो जाती है।

(5) **लेब्रेडोर की धारा**—यह ग्रीनलैण्ड के पश्चिमी-तट पर बेफिन की खाड़ी से निकलकर लेब्रेडोर पठार के सहारे-सहारे बहती हुई न्यूफाउण्डलैण्ड के निकट गल्फ स्ट्रीम से मिल जाती है। यह धारा ठण्डे ध्रुवीय सागरों से आने के कारण ठण्डी होती है।

(6) **पूर्वी ग्रीनलैण्ड की धारा (East Greenland Current)**—यह एक ठण्डी धारा है जो डेनमार्क जलसन्धि से होकर ग्रीनलैण्ड के पूर्वी-तट पर बहती है।

(7) **इरमिंगर की धारा (Irminger Current)**—यह धारा भी ठण्डी धारा है जो आइसलैण्ड के पूर्वी और दक्षिणी-तट के सहारे बहती है। दक्षिण की ओर यह उत्तरी अन्ध महासागरीय प्रवाह के उत्तरी छोर से मिलती है। इस धारा को पूर्वी आइसलैण्ड की धारा भी कहते हैं।

(8) **कनारी धारा**—उत्तरी अटलाण्टिक प्रवाह स्पेन के निकट दो शाखाओं में बँट जाती है। एक शाखा उत्तर की ओर चली जाती है और दूसरी दक्षिण की ओर मुड़कर स्पेन, पुर्तगाल तथा अफ्रीका के उत्तरी-तट के साथ बहती है। यहाँ यह कनारी द्वीप के पास होकर गुजरती है, अतः इसका नाम कनारी धारा पड़ गया है। यहाँ व्यापारिक पवनों के प्रभाव में आ जाने से धारा पुनः विषुवतरेखीय धारा के साथ विलीन हो जाती है।

(9) **दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा**—यह जलधारा दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के द्वारा उत्पन्न होती है और भूमध्य रेखा के समान्तर पूर्व से पश्चिम को बहती है।

(10) **ब्राजील की धारा**—दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा सेण्टरॉक से टकराने पर एक शाखा दक्षिण की ओर ब्राजील-तट के साथ-साथ बहने लगती है, इसलिए इसे ब्राजील की धारा कहते हैं। प्लेट नदी के मुहाने के समीप यह फॉकलैण्ड की ठण्डी धारा से मिलती है। यहाँ यह पछुवा हवाओं के प्रभाव में आ जाने से पूर्व को मुड़ जाती है।

(11) **बेगुएला की धारा**—ब्राजील धारा प्लेट नदी के मुहाने के समीप पछुवा हवाओं के मार्ग में पड़कर पूर्व की ओर बहने लगती है। दक्षिणी अफ्रीका के पश्चिमी तट के समीप पहुँचकर यह उत्तर की ओर मुड़ जाती है। यहाँ यह धारा अण्टार्कटिका के ठण्डे पानी से मिलने के कारण ठण्डी हो जाती है। इसे यहाँ बेगुएला धारा कहा जाता है। आगे जाकर यह धारा दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा में मिल जाती है।

(12) **अण्टार्कटिका प्रवाह**—यह प्रवाह दक्षिणी ध्रुवसागर में पछुवा हवाओं के कारण पश्चिम से पूर्व की ओर चलता है। इसे पछुवा हवाओं का प्रवाह भी कहा जाता है। यह एक ठण्डा प्रवाह है और यहाँ स्थल के अभाव में बड़े वेग से बहता है।

(13) **विपरीत विषुवतरेखीय जलधारा**—उत्तरी तथा दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधाराएँ जब दक्षिणी अमरीका के पूर्वी-तट तक पहुँचती हैं तो तट से टकराकर इन धाराओं का कुछ जल पुनः भूमध्य रेखा के शान्त खण्ड में होकर अफ्रीका के गिनी-तट की ओर आता है। दोनों धाराओं के बीच जल के इस उल्टे बहाव को ही विपरीत विषुवतरेखीय जलधारा कहते हैं। कभी-कभी इसे **गिनी की धारा** भी कहा जाता है। इस धारा की उत्पत्ति मूलतः ब्राजील के निकट दोनों धाराओं के कारण जल की अधिकता हो जाने से होती है, किन्तु पृथ्वी की आवर्तन गति भी इसमें योग देती है।

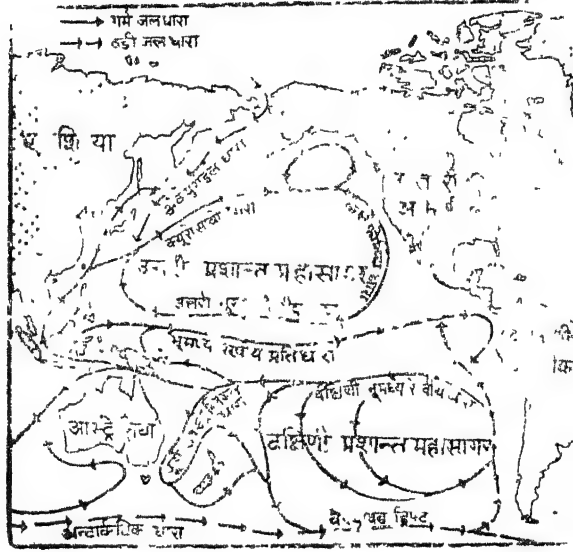
प्रशान्त महासागर की धाराएँ

प्रशान्त महासागर में धाराओं की गति ठीक उसी प्रकार है जिस प्रकार कि अन्ध महासागर में, किन्तु सागर-तट की बनावट तथा जलमग्न बाधाओं के कारण कुछ स्थानीय परिवर्तन अवश्य पाये जाते हैं।

(1) **उत्तरी विषुवतरेखीय जलधारा**—यह गरम धारा उत्तरी-पूर्वी सन्मार्गी पवनों के कारण उत्पन्न होती है। यह मध्य अमरीका के तट से प्रारम्भ होकर पश्चिम में फिलीपाइन्स द्वीप की ओर चली जाती है।

(2) **क्यूरोशिवो जलधारा**—यह एक गरम जलधारा है, जो अन्ध महासागर की गल्फ स्ट्रीम धारा के अनुरूप है। जब उत्तरी विषुवतरेखीय धारा फिलीपाइन्स द्वीपसमूह के निकट पहुँचती

है तो सन्मार्गी हवाओं के प्रभाव से उत्तर की ओर मुड़ जाती है। फिर दक्षिणी मध्यचीन के सहारे बहती हुई जापान के पूर्वी तट को पहुँचती है। यहाँ इसे क्यूरोशिवो धारा कहते हैं। इसका रंग गहरा नीला होने के कारण जापानी लोग इसे काली धारा (Black Stream of Japan) भी



चित्र 182—प्रशान्त महासागर की धाराएँ

मिल जाती है। इस उत्तरी शाखा को अलास्का की धारा कहते हैं। दक्षिण की ओर जाने वाली धारा केलिफोर्निया की ठण्डी धारा से मिल जाती है।

(3) सुशीमा धारा (Tsushima Current)—क्यूरोशिवो धारा की एक शाखा जापान के पश्चिमी तट के सहारे उत्तर में जापान सागर में चली जाती है जो सुशीमा धारा के नाम से प्रसिद्ध है।

(4) अलास्का की धारा (Alaskan Current)—उत्तरी अमरीका के पश्चिमी तट पर पहुँचने पर उत्तरी प्रशान्त महासागरीय प्रवाह की एक शाखा अलास्का की खाड़ी में चली जाती है। यहाँ यह धारा पश्चिम की ओर अलास्का के तट के साथ बहती है। इसी को अलास्का की धारा कहते हैं। गरम धारा होने से यह तट को गरम बनाये रखती है।

(5) क्यूराइल जलधारा—यह एक ठण्डी जलधारा है जो बैरिंग जलडमरूमध्य से होती हुई दक्षिणी साइबेरिया-तट के साथ बहती है और क्यूराइल द्वीपसमूह के निकट क्यूरोशिवो गरम धारा से मिल जाती है। इसे ओयाशियो धारा भी कहते हैं।

(6) केलिफोर्निया जलधारा—यह एक ठण्डी धारा है जो यहाँ ध्रुव से प्राप्त ठण्डे जल के ऊपर उठने से उत्पन्न होती है। वस्तुतः यह उत्तरी प्रशान्त प्रवाह की दक्षिणी शाखा का ही भाग है। यह केलिफोर्निया के पश्चिमी तट के साथ बहकर दक्षिण में उत्तरी भूमध्यरेखीय धारा से मिल जाती है।

उपरोक्त सब धाराओं से उत्तरी प्रशान्त महासागर में एक पूरा चक्र बन जाता है।

(7) दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा—यह एक गरम धारा है जो दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के कारण उत्पन्न होती है। यह धारा दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी-तटों से पश्चिम की ओर आस्ट्रेलिया को जाती है। न्यूगिनी द्वीप के समीप यह दो भागों में विभक्त हो जाती है।

कहते हैं। जापान-तट के सहारे बहती हुई यह क्यूराइल द्वीपसमूह के पास क्यूराइल नामक ठण्डी धारा से मिल जाती है। यही यह पछुवा हवाओं के प्रभाव में आ जाने से पूर्व को मुड़ जाती है। यहाँ से धारा का विस्तार बहुत अधिक हो जाता है और यह उत्तरी प्रशान्त प्रवाह (North Pacific Drift) कहलाने लगती है। यह प्रवाह पूर्व को बहता हुआ उत्तरी अमरीका के पश्चिमी-तट से जा लगता है। वैकुअर द्वीप के निकट यह दो भागों में विभक्त हो जाती है। एक शाखा उत्तर की ओर अलास्का तट के सहारे बहती हुई पुनः उत्तरी प्रशान्त प्रवाह में

एक शाखा उत्तर को बहकर उत्तरी विषुवतरेखीय धारा से मिल जाती है और दूसरी दक्षिण को बहकर आस्ट्रेलिया की पूर्वी तटीय धारा में विलीन हो जाती है।

(8) पूर्वी आस्ट्रेलिया जलधारा—न्यूगिनी द्वीप के समीप दक्षिणी विषुवतरेखीय धारा दो शाखाओं में विभक्त हो जाती है। इसकी दक्षिणी शाखा आस्ट्रेलिया के पूर्वी-तट के साथ बहती है। अस्तु, आस्ट्रेलिया के पूर्वी तट पर इसे पूर्वी आस्ट्रेलिया की गरम धारा अथवा न्यूसाउथवेल्स की धारा कहकर पुकारा जाता है।

(9) हम्बोल्ट अथवा पीरूवियन जलधारा—दक्षिणी प्रशान्त महासागर में अण्टार्कटिका प्रवाह जब दक्षिणी अमरीका के दक्षिणी सिरे पर पहुँचता है तो केपहॉर्न से टकराकर उत्तर की ओर मुड़ जाता है। फिर यह पीरू देश के पश्चिमी तट के साथ-साथ उत्तर की ओर प्रवाहित हो जाती है, जो आगे चलकर दक्षिणी विषुवतरेखीय धारा से मिल जाती है। यह एक ठण्डे जल की धारा है, और पीरू के समीप इसे पीरूवियन धारा कहा जाता है। सर्वप्रथम इसे हम्बोल्ट ने देखा था, अतः यह हम्बोल्ट धारा के नाम से भी विख्यात है।

(10) अण्टार्कटिक-प्रवाह—दक्षिणी ध्रुव महासागर में पश्चिम से पूर्व की ओर एक ठण्डा प्रवाह चलता है जो अण्टार्कटिक प्रवाह कहलाता है। वस्तुतः यह प्रवाह अन्ध महासागर में चलने वाले अण्टार्कटिक ड्रिफ्ट का ही एक अंग है।

(11) विपरीत विषुवतरेखीय जलधारा—यह धारा अन्ध महासागर की विपरीत धारा के समान ही प्रशान्त महासागर में बहती है।

प्रशान्त महासागर की धाराओं का जो वर्णन ऊपर किया गया है, वह इस महासागर की जलधाराओं का नितान्त ही सरल रूप है। संयुक्त राज्य अमरीका की नौ-सेना (Navy) ने धाराओं के जो मौसमी और मासिक मानचित्र तैयार किये हैं, वे जलधाराओं की कई एक जटिल गतियों पर प्रकाश डालते हैं। इन मानचित्रों से स्पष्ट होता है कि खुले महासागर के विस्तृत भागों में कई बड़ी-बड़ी मन्द भँवरे (whirls) चला करती हैं। इसके अतिरिक्त अनेक मौसमी प्रति-धाराएँ (seasonal counter currents) भी पायी जाती हैं। धाराओं में ऐसे मौसमी परिवर्तन पीरू तट और केलिफोर्निया तट के समीप देखे जाते हैं।

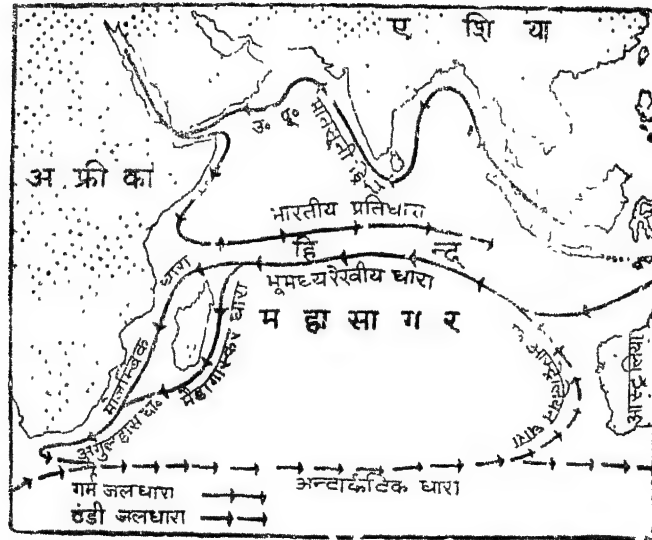
पीरू तट के समीप बहने वाली पीरूवियन धारा उत्तरी गोलार्द्ध की ग्रीष्मऋतु में विषुवत रेखा को पारकर आगे बढ़ जाती है और विषुवतरेखीय प्रतिधारा में विलीन हो जाती है। किन्तु विषुवतरेखीय प्रतिधारा शीतऋतु में दक्षिण की ओर खिसक जाती है। फलस्वरूप इसका कुछ जल दक्षिण की ओर इक्वेडोर-तट के समीप बहने लगता है। इक्वेडोर तट के समीप बहने वाली गरम जल की इस धारा को एलनीनो (El Niño) कहते हैं। यह धारा फरवरी और मार्च में दक्षिण की ओर बहती है। कभी-कभी यह बहती हुई 12° दक्षिणी अक्षांश तक पहुँच जाती है। सन् 1925 और बाद में 1941 में एलनीनो दक्षिण में बहुत अधिक दूरी तक बढ़ गयी थी। परिणामस्वरूप समुद्र-जल के तापमान में यथायक परिवर्तन हो गया, जिससे प्लैक्टन तथा मछलियाँ मर गयीं। इसका जलवायु पर भी बड़ा प्रभाव होता है, क्योंकि इसके साथ-साथ कटिबन्धीय वर्षा की पेटी भी दक्षिण को खिसक जाती है। इसलिए मार्च 1925 में ट्रुजिलो (Trujillo) नामक स्थान पर 15 इंच वर्षा हुई, जबकि पिछले आठ वर्षों से यहाँ मासिक वर्षा का औसत केवल 0.17 इंच था। इसी प्रकार उत्तरी प्रशान्त महासागर में केलिफोर्निया-तट के सहारे डेविडसन धारा बहती है। यह धारा मुख्य भूमि और केलिफोर्निया धारा के बीच नवम्बर से जनवरी तक प्रतिधारा के रूप में उत्तर की ओर बहती है। उत्तर में यह 48° उत्तरी अक्षांश तक पहुँच जाती है।

हिन्द महासागर की धाराएँ

धाराओं और पवनों के बीच कितना गहरा सम्बन्ध है, यह हिन्द महासागर की धाराओं से स्पष्ट समझा जा सकता है। यहाँ पर मानसूनी पवनें चला करती हैं, जो छ महीने बाद अपनी दिशा बदल देती हैं। फलस्वरूप हिन्द महासागर में चलने वाली धाराएँ भी मानसून के साथ अपनी दिशा बदल देती हैं।

हिन्द महासागर की धाराओं को दो श्रेणियों में विभक्त किया जा सकता है।

(क) स्थायी धाराएँ—हिन्द महासागर में विषुवत रेखा के दक्षिण में चलने वाली धाराएँ वर्ष भर एक ही क्रम में चलती हैं, अतः इन्हें स्थायी धाराएँ कहते हैं। इन धाराओं में दक्षिणी



चित्र 183—हिन्द महासागर की धाराएँ

विषुवतरेखीय जलधारा, मोजम्बिक धारा, पश्चिमी आस्ट्रेलिया की जलधारा और अगुलहास धारा मुख्य हैं।

(ख) परिवर्तनशील धाराएँ—विषुवत रेखा के उत्तर की ओर हिन्द महासागर की समस्त धाराएँ मौसम के अनुसार अपनी दिशा और क्रम बदल देती हैं, इसलिए ये परिवर्तनशील धाराएँ कहलाती हैं। इन धाराओं की दिशा व क्रम मानसून हवाओं से प्रभावित होते हैं, अतः इन्हें मानसून प्रवाह (Monsoon drifts) भी कहा जाता है।

(1) दक्षिणी विषुवतरेखीय जलधारा—यह धारा दक्षिणी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के प्रभाव से आस्ट्रेलिया के पश्चिम से पूर्व की ओर चलती है। मलागासी-तट के समीप यह दक्षिण को मुड़ जाती है।

(2) मोजम्बिक जलधारा—यह एक गरम जल की धारा है जो अफ्रीका के पूर्वी-तट और मलागासी के बीच बहती है। यह उत्तर से आकर दक्षिणी विषुवतरेखीय धारा की दक्षिणी शाखा से मिल जाती है।

(3) अगुलहास जलधारा—अफ्रीका के दक्षिण में अगुलहास अन्तरीप से पछुवा हवाओं के प्रभाव द्वारा पूर्व को एक धारा चलने लगती है। इसी धारा को अगुलहास की गरम धारा कहते हैं।

(4) पश्चिमी आस्ट्रेलिया की धारा—अण्टार्कटिका प्रवाह की एक शाखा आस्ट्रेलिया के दक्षिणी-पश्चिमी भाग से मुड़कर उत्तर की ओर पूर्व को आस्ट्रेलिया के पश्चिमी तट के साथ-साथ बहने लगती है। यही पश्चिमी आस्ट्रेलिया की ठण्डी जलधारा कहलाती है।

(5) ग्रीष्मकालीन मानसून प्रवाह—ग्रीष्मऋतु में दक्षिणी-पश्चिमी मानसून हवाओं के प्रवाह से एशिया महाद्वीप के पश्चिमी तटों से उष्ण प्रवाह पूर्व की ओर चलने लगता है। उत्तरी विषुवतरेखीय धारा भी मानसून के प्रभाव से पूर्व की ओर बहकर मानसून प्रवाह के साथ ग्रीष्म-काल की समुद्री धाराओं का क्रम बनाती है।

(6) शीतकालीन मानसून प्रवाह—जाड़े की ऋतु में उत्तरी-पूर्वी मानसून हवाओं के प्रभाव से एशिया के दक्षिणी-तटों से एक धारा प्रवाहित होती है जो पूर्व से पश्चिम को बहती है। यह विभिन्न देशों के साथ-साथ बहती हुई पूर्वी अफ्रीका के समीप पूर्व की ओर मुड़ जाती है और पूर्वी द्वीपसमूह को चली जाती है।

दक्षिणी महासागर की धाराएँ

दक्षिणी महासागर में धाराओं का प्रवाह अपेक्षाकृत सरल है। दक्षिणी महासागर में मुख्यतः उत्तरी-पश्चिमी हवाओं के प्रभाव से एक परिध्रुवीय प्रवाह (circumpolar drift) पश्चिम से पूर्व की ओर बहता है। इस प्रवाह से कई शाखाएँ निकलकर अन्य सागरों में चलती हैं। इसके अतिरिक्त यहाँ अभिसृत (convergence) धाराएँ और अपसृत (divergence) धाराएँ भी देखी जाती हैं। इन धाराओं में पानी समुद्री सतह और बहुत अधिक गहराई पर ध्रुवों से विषुवत रेखा की ओर तथा मध्यम गहराई पर विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर बहता है। इन धाराओं की गति से स्पष्ट है कि इन धाराओं का परस्पर बहुत ही जटिल सम्बन्ध होना चाहिए।

उत्तरी ध्रुव महासागर की धाराएँ

यह विदित है कि उत्तरी ध्रुव महासागर प्रायः प्रवाहहीन और जल का एक बन्द पात्र (basin) है। फिर भी इस महासागर में ध्रुव के आरपार एक मन्द सतही धारा साइबेरिया तट से ग्रीनलैण्ड के पूर्वी तट तक चला करती है। इसी प्रवाही धारा (drift) ने नानसेन के फ्रेम नामक जहाज को प्रवाह हिमपुज (pack-ice) के बीच तेज गति प्रदान कर उसे सन् 1893 से नवीन साइबेरिया द्वीप के सन् 1896 में स्पिट्सबर्जन द्वीप को पहुँचाया। नानसेन का जहाज उच्च अक्षांशों में यद्यपि हिम के साथ आगे बहता रहा किन्तु उसने ध्रुव को पार नहीं किया जैसी कि उसे आशा थी। यहाँ सतह का कुछ ठण्डा पानी जलान्तराल (channel) के द्वारा कनाडियन द्वीपों के बीच सरकता हुआ बेफिन की खाड़ी में पहुँचता है। इससे दक्षिण की ओर बहने वाली लेब्रेडोर एव पूर्वी ग्रीनलैण्ड धारा की पूर्ति होती है।

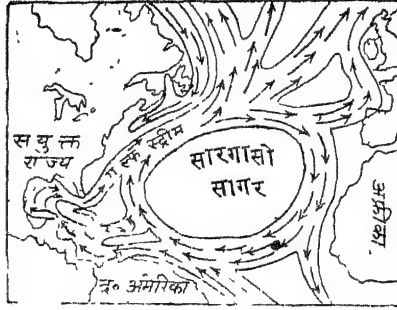
सारगासो सागर (Sargaso Sea)

उत्तरी अन्ध महासागर में सागर पात्र के चारों ओर प्रवाहित जलधाराओं के मध्य स्थिर और शान्त जल का एक बहुत बड़ा क्षेत्र है। जल का यह स्थिर और शान्त क्षेत्र सारगासो समुद्र (Sargaso Sea) के नाम से विख्यात है। 'सारगासो' एक पुर्तगीज शब्द है जिसका अर्थ समुद्री घास (sea weeds) से होता है। सर्वप्रथम स्पेन वालों ने अन्ध महासागर के इस क्षेत्र में सारगासो नामक घास के विशाल विस्तार को देखा, अतः उन्होंने इसका नाम सारगासो समुद्र रख दिया।

कोई भी सागर चारों ओर से स्थल से घिरा हुआ होता है। इस दृष्टि से सारगासो सागर नाम अतिशयोक्तिपूर्ण लगता है, क्योंकि यह स्थल से आबद्ध न होकर स्वयं महासागर का ही अंग है। फिर भी इस भाग की कुछ ऐसी विशेषताएँ हैं जिनके कारण इसे सागर कहना सार्थक प्रतीत होता है।

सामान्यतः जलधाराओं से घिरे केन्द्रीय सागर के प्रदेश समुद्र की मरुभूमि होती है। परन्तु सारगासो सागर इसका अपवाद है। पृथ्वी के अन्य किसी भी स्थान से यह इतना भिन्न है कि इसे एक सुनिश्चित भौगोलिक प्रदेश समझा जा सकता है। एक रेखा यदि चेमापीक की खाड़ी के मुँह से जिब्राल्टर तक खींची जाये तो इसकी उत्तरी सीमा का निर्धारण हो सकता है और यदि हेटी से डाकर तक दूसरी रेखा खींचे तो इसकी दक्षिणी सीमा बन जायगी। इसका सम्पूर्ण क्षेत्र मोटे तौर से संयुक्त राज्य अमरीका जितना बड़ा है, क्योंकि इसका क्षेत्र पश्चिम में बरमुड़ा से लेकर पूर्व में एंजोर् द्वीपसमूह तक फैला हुआ है।

समुद्र का यह विशाल क्षेत्र एकदम स्थिर और शान्त है। हवाओं ने भी मानो समुद्र के इस भाग को बिल्कुल भुला दिया है और इसके चारों ओर प्रवाहित होने वाली धाराओं ने इसे घेरकर



चित्र 184—सारगासो सागर

गुरु-जल का रूप दे दिया है। यहाँ ऊपर आकाश में बादलों की कृपा कभी-कभी ही होती है जिससे इसका पानी गरम और नमक से भी भारी हो जाता है। दूर होने के कारण यह किनारे की नदियों से बिल्कुल अलग-अलग जा पड़ा है और इसी प्रकार ध्रुव-प्रदेशीय हिम से भी इसका कोई सम्बन्ध नहीं है। इसकी लवणता को हल्का करने के लिए ताजे पानी का अन्तर्प्रवाह है ही नहीं—और जो है वह इससे मिली हुई धाराओं के खारे पानी का है। अन्य समुद्रों से इसके जल का तापमान भी बहुत अधिक है और रंग गहरा नीला है जो इसकी पारदर्शकता को द्विगुणित करता है। कोई दो मीटर व्यास की सफेद तश्तरी यहाँ के जल में 200 फुट की गहराई तक आँखों से देखी जा सकती है। किन्तु सारगासो समुद्र वस्तुतः घास-पात और अनेक प्रकार के झंखाड़ों से ढका रहता है। जल-धाराएँ अपने साथ जो झंखाड़ बहा लाती हैं वे यहाँ बहते रहते हैं और इन्हीं झंखाड़ों में अनेक प्रकार के भयोत्पादक जीव वास करते हैं।

समुद्र-विज्ञान के अन्तर्गत सारगासो समुद्र के जल-झंखाड़ों की मूल उत्पत्ति के बारे में बड़ा मतभेद चला आ रहा है। कुछ विद्वानों का कहना है कि उनकी पूर्ति उन झंखाड़ों से होती रहती है जो पश्चिमी द्वीपसमूह तथा क्लोरिडा के पर्णाक्ष क्षेत्रों से हाल ही में टूटे होते हैं। परन्तु कुछ लोगों का कहना है कि पश्चिमी द्वीपसमूह और फ्लोरिडा के पर्णाक्ष क्षेत्र इतने सकुचित हैं कि वे सम्भवतः सारगासो के विशाल क्षेत्र की पूर्ति नहीं कर सकते। उनका विश्वास है कि हमें यहाँ वनस्पति की स्वतः जननशील जाति मिलती है, जिसको खुले समुद्र में रहने की आदत पड़ गयी है, जिसको सहारे के लिए जड़ों अथवा किसी तरह की पकड़ की आवश्यकता नहीं है और जो स्वयं वनस्पति प्रजनन में समर्थ है। दोनों ही विचारधाराओं में सच्चाई सम्भव है। प्रतिवर्ष थोड़ी बहुत संख्या में नये पौधे आते रहते हैं और जो पौधे सारगासो के शान्त जल में पहुँच जाते हैं उन्हें साक्षात् अमरत्व प्राप्त हो जाता है। अमरीकी संग्रहालय के ए० ई० पार ने हाल ही में यह विचार प्रकट किया है कि अपनी-अपनी प्रजातियों के अनुरूप कोई-कोई पौधे वर्षों तक जीवित रहते हैं तो कोई शताब्दियाँ ले जाते हैं। यदि आप इस स्थान की आज यात्रा करें तो यह बहुत सम्भव है कि जो झंखाड़ आप देखें उन्हें कोलम्बस तथा उसके साथियों ने भी देखा हो।¹ यहाँ समुद्र के अन्तर में झंखाड़ के प्रवाह का अन्त ही नहीं आता और अपनी इस अन्तहीन यात्रा में वह विखण्डन की

¹ आर० एल० कार्सन : सागर की खोज, पृ० 35।

प्रक्रिया के द्वारा बढ़ता रहता है और उसका वनस्पतीय प्रजनन होता रहता है। आज वहाँ झखाड़ों का जो अम्बार बड़े परिमाण में इकट्ठा हो गया है उसे यह रूप लेने में अनेक काल-चक्रों का समय देखना पड़ा होगा। यह अम्बार उस विस्तृत जनक्षेत्र पर इस प्रकार फैला हुआ है कि सारगासो समुद्र का अधिकांश भाग खुले समुद्र के रूप में दृष्टिगोचर होता है।

प्लावी हिम-शिलाएँ (Icebergs)

उत्तरी ध्रुव सागर और अण्टार्कटिक महाद्वीप के किनारे समुद्री सतह का अधिकांश पानी स्थायी रूप से जमा हुआ रहता है। यहाँ हिम की मोटाई 2 से 14 फुट तक पायी जाती है। जाड़ों में इसका क्षेत्र और भी बढ़ जाता है। प्लावी हिमपुज (pack ice) उत्तरी ध्रुव से दक्षिण की ओर ग्रीनलैण्ड के पूर्वी तट पर 60° उत्तरी अक्षांश तक पहुँच जाता है। जाड़ों में प्लावी हिमपुज एकदम निकट स्थित पाये जा सकते हैं जिससे हिम का अविराम क्षेत्र बन जाता है। किन्तु ग्रीष्मऋतु में हिम-क्षेत्र के किनारों से हिम के विशाल शैल (प्रायः अनेक मील व्यास के) अलग-अलग बहते हैं। इन हिम-शैलों का प्रवाह हिम और समुद्र-जल (sea water) के सापेक्ष घनत्व पर निर्भर करता है। हिम-शैलों की आकृति का भी इस पर महत्वपूर्ण प्रभाव होता है। हिम-शैल के जल के बाहर और जल के भीतर डूबे हुए भाग के बीच 1 : 4 या 1 : 2 का सम्बन्ध रहता है। कुछ हिम-शैल समुद्र-जल से 300 फुट या अधिक ऊपर उठे हुए रहते हैं। जल के भीतर उनकी स्थूलता और भी अधिक होती है।

उत्तरी गोलार्द्ध में प्रतिवर्ष 10,000 से 15,000 हिम-शैल बनते हैं। इनमें से अधिकांश हिम-शैल ग्रीनलैण्ड की हिमानियों (glaciers) द्वारा बनते हैं। कुछ हिम-शैल स्पिट्सबर्जन, एज-द्वीप, नोवाया जेमेलिया तथा एल्समियर द्वीप से आते हैं। ये हिम-शैल पूर्वी ग्रीनलैण्ड तथा लेब्रेडोर धाराओं द्वारा दक्षिण की ओर 40° उत्तरी अक्षांश तक पहुँच जाते हैं। जब कभी ये उत्तरी अन्ध महासागरीय समुद्री मार्ग (North Atlantic Shipping-lanes) में चले आते हैं तो जहाजों के लिए बड़े घातक सिद्ध होते हैं। सन् 1912 में टाइटेनिक नामक जहाज हिम-शैल से टकराकर नष्ट हो गया था। उसके बाद हिम-शैलों की चौकसी के लिए अमरीकी-कनाडी गश्त स्थापित कर दी गयी है जो रेडियो द्वारा हिम-शैलों की उपस्थिति और उनके सम्भावित मार्ग के बारे में बराबर सूचना देती रहती है। उत्तरी प्रशान्त में संकीर्ण बेरिंग जल-सन्धि के कारण हिम-शैल कदाचित् ही दिखाई पड़ते हैं।

दक्षिणी गोलार्द्ध में हिम-शैल अण्टार्कटिक हिमरोधिका (ice-barrier) के तट से उत्पन्न होते हैं। ये बड़े ही विशाल आकार के होते हैं। प्रायः ये एक बड़े क्षैतिज हिमद्वीप की भाँति होते हैं। कुछ हिम-शैल 60 मील से अधिक लम्बे देखे गये हैं। ऐसे हिम-शैल सपाट हिम-शैल (tabular bergs) कहलाते हैं। उत्तरी गोलार्द्ध में इनके विपरीत अधिकांश हिम-शैल शिखरी हिम-शैल (castellated bergs) होते हैं। अण्टार्कटिक हिम-शैल फॉकलैण्ड धारा, बेगुला धारा और दक्षिणी आस्ट्रेलिया की धारा के प्रभाव से उत्तर की ओर अन्ध महासागर में 40° दक्षिणी अक्षांश और प्रशान्त महासागर में 50° दक्षिणी अक्षांश तक बहकर चले आते हैं।

हिम-शैलों की गति धाराओं और हवाओं दोनों से प्रभावित होती है। इनकी सामान्य गति प्रतिदिन 4 समुद्री मील है। हवा के प्रभाव से इनकी गति बढ़कर 30 समुद्री मील प्रतिदिन हो जाती है। कई बार हिम-शैलों को पवन और सतही धारा के प्रतिकूल दिशा में बहते हुए पाया गया है। ऐसा शक्तिशाली अधो-धारा (subsurface current) के प्रभाव से होता है।

धाराओं का मानव-जीवन पर प्रभाव

जिन समुद्रतटों से होकर जलधाराएँ बहती हैं, वहाँ के निवासियों पर इनका बड़ा भारी प्रभाव पड़ता है। धाराओं का यह प्रभाव कई प्रकार से होता है :

(1) **जलवायु पर प्रभाव**—धाराओं का जलवायु पर सम और विपरीत दोनों तरह का प्रभाव होता है। जिन भागों में ठण्डी धाराएँ बहती हैं वहाँ इनका बड़ा विपरीत प्रभाव होता है। ठण्डी धाराओं के ऊपर बहने वाली हवाएँ किसी स्थान पर अपना शीतल प्रभाव ही नहीं छोड़ती, बल्कि वहाँ के तापमान को इतना नीचा कर देती हैं कि वहाँ मनुष्य-जीवन व व्यापार असम्भव हो जाता है। ठण्डी धाराओं के समीप का तट महीनो तक बर्फ से जमा रहता है जिससे वहाँ का भू-खण्ड वीरान रूप धारण कर लेता है। फॉकलैण्ड, लेब्रेडोर और क्यूराइल धाराओं का कुछ ऐसा ही प्रभाव होता है।

जिन भागों में गरम धारा का प्रवाह है, वहाँ इनका बहुत ही उत्तम और सम प्रभाव होता है। गरम धाराएँ उष्ण प्रदेशों की गर्मी को उच्च अक्षांशों के ठण्डे प्रदेशों को पहुँचाकर वहाँ की जलवायु को सन्तुलित बनाये रखने में योग देती हैं। यह गरम धाराओं का ही प्रभाव है कि ध्रुव प्रदेशों में फसले पैदा की जाती हैं और वे घनी आबादी के केन्द्र बने हुए हैं। उत्तरी-पश्चिमी यूरोप (नॉर्वे, स्वीडन, इंग्लैण्ड आदि) और पूर्वी जापान की उन्नति का कारण भी ये गरम धाराएँ ही हैं। इन्हीं अक्षांशों में स्थित पूर्वी साइबेरिया शीत से प्रकम्पित, उजाड़ और बर्फ से ढका रहता है। गरम धाराओं के अभाव में सभ्य कहलाने वाले देश इंग्लैण्ड, नॉर्वे, स्वीडन और जापान की क्या दशा होगी, यह आसानी से ही समझा जा सकता है।

गरम धाराओं के ऊपर होकर बहने वाली हवाएँ अपने साथ काफी नमी धारण कर लेती हैं। यही भाप उच्च अक्षांशों में पहुँचने पर अथवा अधिक ऊँचाई पर उठ जाने के कारण वर्षा में बदल जाती है। उत्तरी-पश्चिमी यूरोप और उत्तरी अमरीका के पश्चिमी किनारे पर ऐसी ही वर्षा नियमित रूप से होती है। कालाहारी और दक्षिणी अमरीका में अटकामा मरुस्थलों का अस्तित्व अंशतः शीतल वेनेजुएला धारा और ठण्डी पीरूवियन धारा के कारण ही है।

जिन स्थानों पर गरम और शीतल धाराएँ परस्पर मिलती हैं, वहाँ घना कुहरा उत्पन्न हो जाता है। न्यूफाउण्डलैण्ड के समीप गल्फस्ट्रीम की धारा गरम और लेब्रेडोर की ठण्डी धारा के मिलने से तथा जापान-तट पर क्यूरोशिवो और क्यूराइल धाराओं के मिलने से घना कुहरा उत्पन्न हो जाता है। यहाँ इतना घना कुहरा उत्पन्न होता है कि जहाजों का आना-जाना रुक जाता है और प्रायः जहाजों के डूबने और टकराने की दुर्घटनाएँ होती रहती हैं। न्यूफाउण्डलैण्ड के समीप एक बड़ा ब्रिटिश जलयान टाइटेनिक कुहरे के कारण ही हिमशिला से सन् 1912 में टकराकर नष्ट हो गया था।

(2) **सामुद्रिक जीवन पर प्रभाव**—धाराएँ सामुद्रिक जीवन का प्राण हैं। सामुद्रिक जीवन को बनाये रखने और उसको प्रश्रय देने में धाराएँ महत्वपूर्ण योग देती हैं। धाराओं के कारण ही समुद्रों में आवश्यक जीव-तत्त्व ऑक्सीजन का सन्तुलित वितरण होता है। कई जीवों के लिए भोजन का आधार भी धाराएँ ही हैं। मूँगे के कीड़ों का विकास गरम धाराओं पर निर्भर है।

गरम तथा ठण्डी धाराएँ भिन्न-भिन्न किस्म की मछलियों को जन्म देती हैं। मनुष्यों के खाने योग्य अधिकतर मछलियाँ ठण्डे समुद्रों में मिलती हैं। फलतः ठण्डे समुद्रों से आने वाली शीतल जलधाराओं के साथ कई बार मछलियों के झुण्ड के झुण्ड उष्ण समुद्रों में चले आते हैं, जिससे मछली उद्योग को प्रोत्साहन मिलता है। जापान और न्यूफाउण्डलैण्ड के मछली उद्योग की उन्नति का कारण यही है।

(3) **जहाजरानी पर प्रभाव**—भाप से चलने वाले आधुनिक शक्तिशाली जहाज धाराओं के प्रभाव से मुक्त जान पड़ते हैं, किन्तु प्राचीनकाल में धाराओं का जहाजरानी पर उल्लेखनीय प्रभाव पड़ता था। प्राचीनकाल में एशिया के दक्षिणी किनारों पर समुद्री व्यापार का कारण धाराएँ ही थीं। जाड़े की ऋतु में व्यापारी माल लादकर पूर्व से ईरान और अरब को जाते थे और पुनः माल लेकर ग्रीष्मऋतु में, जब धाराओं का रुख पलट जाता था, घर लौट आते थे। प्रारम्भ में यूरोप से अमरीका जाने वाला जहाज स्पेन से दक्षिण में होकर उत्तरी-पूर्वी व्यापारिक पवनों के साथ बहने वाली उत्तरी विषुवतरेखीय धारा के साथ पश्चिम को जाते थे और पुनः पछुवा हवाओं द्वारा प्रवाहित गल्फ स्ट्रीम और उत्तरी अटलाण्टिक प्रवाह के साथ घर लौटते थे। अमरीका से यूरोप जाने वाले जहाज आज भी गल्फ स्ट्रीम का ही अनुसरण करते हैं।

(4) **व्यापार पर प्रभाव**—धाराओं के कारण समुद्र में गति बनी रहती है। यह गति समुद्रों को जमने से बचाती है। जिन तटों पर गरम धाराएँ बहती हैं, वहाँ के बन्दरगाह साल भर खुले रहते हैं, जैसे—नार्वे तथा जापान के बन्दरगाह। बन्दरगाहों के खुले रहने से उन प्रदेशों का व्यापार बढ़ जाता है।

समुद्र में प्रवेश करते समय समस्त नदियाँ अपना भार (पदार्थ) तट पर छोड़ देती हैं। धाराएँ तट पर एकत्रित पदार्थ को बहाकर दूर पहुँचा देती हैं।

समुद्र में उप-सतही जल की गति

(Sub-surface Movements of Ocean Water)

महासागरों में बड़ी मात्रा में जल की उदग्र और क्षैतिज गतियाँ होती हैं। महासागर में जल की उदग्र गतियाँ या तो विभिन्न गहराइयों पर घनत्व के अन्तर के कारण या दो विपरीत धाराओं के मिलने के कारण होती हैं। दो विपरीत धाराओं के अभिविन्दु (converging) स्थान पर पानी नीचे बैठता है, जिसकी पूर्ति समुद्र में अन्यत्र अपसृत धाराओं (diverging currents) के रूप में होती है। इस प्रकार महासागरीय जल में समतलता की स्थिति बनाये रखने के लिए अभिसृत (convergence) और अपसृत (divergence) धाराएँ चला करती हैं।

समुद्र-जल का घनत्व उसकी लवणता और तापमान दोनों पर निर्भर करता है। अतः एक विशेष लवणता के ऊपर उसका घनत्व तापमान के प्रतिकूल होगा। जैसे यदि तापमान कम हो जाता है, तो घनत्व बढ़ जाता है। सर जॉन मरे के अनुसार सम्पूर्ण समुद्र के लिए उसके सतही जल का औसत घनत्व 1.0252 है। किन्तु 2000 फीट के नीचे यह बराबर 1.0280 ही रहता है। इसके विपरीत किसी भी तापमान पर लवणता के बढ़ने पर घनत्व भी बढ़ जाता है। उदाहरणतः 60° फा० तापमान पर स्वच्छ जल का घनत्व 1.0000 रहता है, परन्तु 30% लवणता होने पर घनत्व बढ़कर 1.0220 और 40% लवणता होने पर घनत्व 1.0300 हो जाता है। इस प्रकार तापमान व वर्षा के बढ़ने, नदियों द्वारा जल की वृद्धि और हिम के पिघलने से घनत्व की कमी हो जायगी, परन्तु तापमान के कम होने अथवा वाष्पीकरण के बढ़ने पर घनत्व बढ़ जायगा।

ध्रुवीय समुद्रों में ऊँचे घनत्व के कारण ठण्डा सतही पानी नीचे डूबता है और उष्ण कटिबन्ध में गर्मी के कारण सतह का हल्का (कम घनत्व वाला) पानी ध्रुवों की ओर आगे बढ़ता है। इसकी पूर्ति के लिए ठण्डा पानी नीचे से ऊपर उठता है। इस प्रकार सिद्धान्त रूप में उष्ण कटिबन्ध से गरम सतही पानी ध्रुवों की ओर तथा ठण्डा ध्रुवीय पानी गहराई में विषुवत रेखा की ओर प्रवाहित होता है। फलस्वरूप ध्रुवीय प्रदेशों में जल-राशियाँ नीचे डूबती हैं और उष्ण कटिबन्ध में ऊपर उठती हैं। वस्तुतः सिद्धान्त रूप में जैसा दिखाई देता है, महासागरों में जल-प्रवाह की इतनी सरल प्रक्रिया नहीं है।

इन प्रतिकूलताओं के कई कारण हैं। एक कारण तो यह है कि विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर होने वाले सतही जल-प्रवाह पर हवाओं का बड़ा प्रभाव पड़ता है। दूसरा कारण है कि दक्षिणी महासागर में नितल (bottom) का ठण्डा और भारी पानी उत्तरी की ओर प्रवाहित हो सकता है (यहाँ तक कि उत्तरी गोलार्द्ध में भी आ सकता है), परन्तु उत्तरी ध्रुव महासागर के नितल का पानी एक प्रकार से सप्रवाही जल का जलाशय है। इसका नितल प्रशान्त महासागर से सकीर्ण व उथली बेरिंग सिल द्वारा अन्ध महासागर से विली-थोम्पसन कटक (Wyville-Thomson Ridge) द्वारा अलग हो गया है। अन्त में, सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि महासागरों में भिन्न लवणता और तापमान एवं प्रदेश विशेष में जन्म लेने वाली जल-राशियों को स्पष्टतः अलग-अलग पहचाना जा सकता है। आधुनिक समुद्र शास्त्र में इन जलराशियों का उत्तरोत्तर महत्त्व बढ़ता जा रहा है। इनका अब समुद्रशास्त्र में वही महत्त्व है जो कि वायु-राशियों का वायु-विज्ञान में है। यद्यपि समुद्र में जल का मिश्रण (mixing) होता है परन्तु सामान्यतः अलग-अलग जल-राशियाँ स्पष्ट अन्तरबाध परत (discontinuity layer) द्वारा विलग हो जाती हैं। अन्तरबाध परत के समीप जल-राशियों के तापमान और लवणता में यकायक परिवर्तन आ जाता है। उत्तरी अन्ध महासागर में ज्ञात 'ठण्डी दीवार' (Cold Wall) लेब्रेडोर तथा गल्फस्ट्रीम धाराओं के बीच अन्तरबाध परत ही है। इसी भाँति प्रशान्त महासागर में भी ओखोटस्क तथा क्यूरोशिवो धाराओं के बीच अन्तरबाध परत विद्यमान है। गहराई में भी इसी प्रकार की परतें पायी जाती हैं।

महासागरों के कुछ भागों में अभिसरण (convergences) की अवस्थाएँ पायी जाती हैं। ऐसे स्थलों पर सतही जल की अभिविन्दुक जल-राशियाँ परस्पर मिलती हैं जिससे जलराशियाँ नीचे डूबती हैं। दक्षिणी महासागर में 50° दक्षिण अक्षांश के आसपास ऐसी अभिसरण की अवस्था पायी जाती है। यहाँ अण्टार्कटिक का ठण्डा और भारी (dense) सतही जल दक्षिण की ओर फैले अधिक लवणयुक्त और उष्ण जल से मिलता है। इसी प्रकार 40° दक्षिण तथा अन्य अक्षांशों के निकट भी जल-राशियों का अभिसरण होता है, किन्तु स्थल-खण्डों के अवरोध के कारण इतना स्पष्ट नहीं होता। समुद्रों में जहाँ पानी नीचे डूबता है उसकी पूर्ति के लिए अन्यत्र ठण्डा पानी ऊपर उठता है। गहराई से ठण्डे पानी के ऊपर उठने को अपसरण (divergence) की अवस्था कहते हैं। समुद्रों में जल के अपसरण (divergence) की ऐसी अवस्थाएँ महाद्वीपों के पश्चिमी-तटों से कुछ दूर स्पष्टतः देखी जा सकती हैं जहाँ तट से दूर समुद्र की ओर चलने वाली सन्मार्गी हवाएँ उष्ण सतही जल को पश्चिम की ओर बहा ले जाती हैं। समुद्रशास्त्रियों ने महासागरों में ऐसे कई स्थलों को ढूँढ़ निकाला है जहाँ भिन्न-भिन्न गहराई (सतही, मध्यवर्ती, गहरी और नितल) और भिन्न-भिन्न दिशाओं में क्षैतिज रूप से गतिशील जल-राशियाँ मिलती हैं। महासागरों में पायी जाने वाली कुछ प्रमुख जल-राशियाँ निम्न हैं :

(1) उत्तरी अन्ध महासागरीय गर्त एवं तलीय जल-राशि—यह जल-राशि लेब्रेडोर, ग्रीनलैण्ड तथा आइसलैण्ड के मध्यवर्ती भाग में फैली हुई है। इसका तापमान 2.8° से. से 3.3° से. रहता है। इसकी लवणता 34.9 प्रति हजार है।

(2) अण्टार्कटिक तलीय जल-राशि—यह जल-राशि अण्टार्कटिक के समीप वेडेल सागर की जल-राशि है। इसका तापमान 1.9° से. और लवणता 34.6% रहती है।

(3) उत्तरी अन्ध महासागरीय मध्यवर्ती जल-राशि—यह लेब्रेडोर के दक्षिण में एक छोटे आकार की अभिसृत जल-राशि है।

(4) उत्तरी प्रशान्त मध्यवर्ती जल-राशि—यह उत्तरी प्रशान्त महासागर में 40° उत्तरी अक्षांश के समीप पायी जाती है।

(5) अण्टार्कटिक मध्यवर्ती जल-राशि—यह जलराशि दक्षिणी महासागर में पछुवा हवा की पेट्टी में फैली हुई पायी जाती है। इसकी लवणता 33.8‰ और तापमान 2.2° से० रहता है।

उपरोक्त जल-राशियों के अतिरिक्त उपोष्ण कटिबन्ध में 30° और 40° अक्षांशों के मध्य भूमध्य सागर और लाल सागर में मध्यवर्ती जल-राशियाँ मिलती हैं।

समुद्र के उप-धरातल पर विभिन्न प्रकार के जल के मिश्रण से भी जलराशियाँ बन जाती हैं। जैसे अण्टार्कटिक के तलीय जल एवं अन्ध महासागर के गतों के जल के मिश्रण से अण्टार्कटिक ध्रुवीय जल-राशि (Circumpolar Antarctic Water-mass) बनती है। इसी प्रकार अण्टार्कटिक और दक्षिणी उपोष्ण अभिसरण के मध्य उप-अण्टार्कटिक जल-राशि (Sub-antarctic Water-mass) बनती है। हिन्द महासागर और प्रशान्त महासागर में भी ऐसी जल-राशियाँ पायी जाती हैं।

वर्तमान समय में जल-राशियों का ज्ञान समुद्रशास्त्रियों के लिए उतना ही महत्वपूर्ण है, जितना कि वायु-राशियों का ऋतु-विज्ञानवेत्ताओं के लिए होता है।

22

ज्वार-भाटा

(THE TIDES)

समुद्र चंचल है। वह कभी शान्त नहीं रहता। प्रत्येक क्षण उसमें कुछ न कुछ गति विद्यमान रहती है। चंचल जल की लहरें कभी आगे बढ़ती हैं, कभी पीछे हटती हैं और कभी तट के समीप घण्टों थिरकती रहती हैं। समुद्र-जल की इन हलचलों तथा अन्य कारणों से समुद्र का तल कभी एकसा नहीं रहता। वह कभी ऊपर उठता है और कभी नीचे गिरता है। समुद्र-तल (sea level) के नियमित रूप से कभी ऊपर और कभी नीचे होने की यह क्रिया ही ज्वार-भाटा कहलाती है। मरे के अनुसार, “सूर्य और चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति के कारण समुद्र-तल के नियमित रूप से ऊपर उठने और नीचे गिरने की क्रिया को ज्वार-भाटा कहते हैं।”¹ सी० एम० थोम्पसन ने ज्वार-भाटा की विशद विवेचना करते हुए बताया है कि नियमित रूप से दिन और रात की हवाओं के परिवर्तन द्वारा नियमित वर्षा और वाष्पीकरण द्वारा अथवा मौसम के किसी भी प्रभाव के द्वारा उत्पन्न ज्वार-भाटा सही अर्थ में ज्वार-भाटा नहीं कहे जा सकते, उन्हें हम मौसम सम्बन्धी ज्वार-भाटा ही कह सकते हैं।²

जो लोग समुद्र तट के समीप रहते हैं वे जानते हैं कि प्रतिदिन दो बार समुद्र का जल ऊपर उठता है और दो बार ही नीचे गिरता है। समुद्र-जल के ऊपर उठने अथवा आगे बढ़ने को ज्वार (High tide) और नीचे उतरने अथवा पीछे हटने को भाटा (Low tide) कहा जाता है। ज्वारीय नदियों (Tidal Rivers) में ज्वार-भाटा (Flow and Ebb) शब्द का प्रयोग जल के ऊपर उठने तथा नीचे गिरने के लिए नहीं होता, क्योंकि ज्वार के समय धारा का प्रवाह नदी के ऊपर की ओर तथा भाटे के समय धारा के नीचे की ओर बढ़ा तीव्र होता है। इसलिए ज्वारीय धाराएँ ज्वार (High water) के निकल जाने के काफी समय बाद ऊपर उठती हैं और निम्न जल (Low water) के काफी समय बाद नीचे उतरती (Ebb) हैं। परिणामस्वरूप नदियों में ज्वार नीचे उतरने की अपेक्षा बड़ी शीघ्रता से ऊपर चढ़ता है। इस प्रकार उच्च और निम्न जल की अपेक्षा निम्न और उच्च जल के बीच कुछ ही समय लगता है। यह बात हुगली नदी में 24 जनवरी, 1936 के नवीन चन्द्रमा के बाद 24 से 26 जनवरी, 1936 के बीच आने वाले ज्वारों की सारणी से पूर्णतः स्पष्ट हो जाती है।³

¹ Sir John Murray : *The Oceans*, p. 83

² C. M. Thompson : *Monograph on "The Tides"*, p. 34

³ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 347

ज्वार और भाटे का समय तथा ऊँचाई (फुटो मे)

	ज्वार		भाटा		ज्वार		भाटा		ज्वार							
डबलोटे (सागर द्वीप) डायमण्ड हारबर किडरपुर (कलकत्ता)	जनवरी 24								जनवरी 25							
	घं	मिं	फुं	घं	मिं	फुं	घं	मिं	फुं	घं	मिं	फुं				
	10	23	14.4	16	49	2.3	23	43	16.1	5	20	1.7	11	1	15.3	
	12	4	14.3	20	6	1.9	0	23	16.5	8	34	0.4	12	37	15.4	
	14	10	13.7	22	47	3.6	2	29	15.5	11	15	2.3	14	43	14.7	

[illegible]

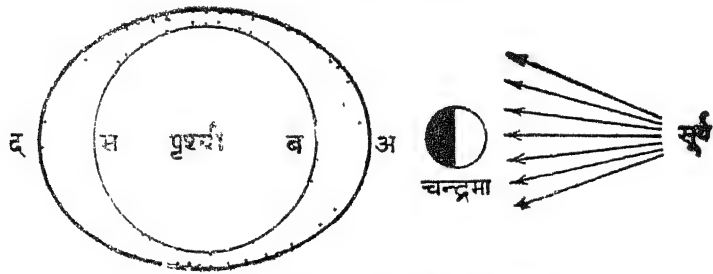
ज्वार तथा भाटे और भाटे तथा ज्वार के बीच समय का अन्तर

	ज्वार तथा भाटे के बीच				भाटे तथा ज्वार के बीच			
	घ०	मि०		घ०	मि०	घ०	मि०	
डुबलोट	6	26	से	6	37	5	54	से
डायमण्ड हारबर	8	2	से	8	15	4	17	से
किडरपुर	8	37	से	8	50	3	42	से

ज्वार-भाटा की उत्पत्ति सम्बन्धी परिकल्पनाएँ

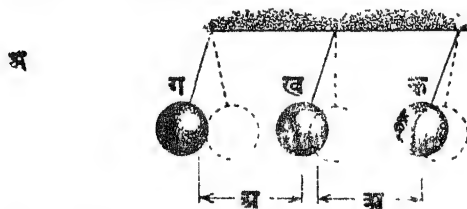
ज्वार-भाटा की उत्पत्ति और समुद्रों में उनके परिभ्रमण के सम्बन्ध में विद्वानों के कई मत हैं। यहाँ कुछ प्रमुख परिकल्पनाओं का विवेचन किया जा रहा है :

(1) सन्तुलन साध्य (Equilibrium Theory)—इस साध्य का प्रतिपादक सर आइजक न्यूटन है। यद्यपि बहुत प्राचीन समय के लोग इस बात से परिचित थे कि ज्वार-भाटा और चन्द्रमा में घनिष्ठ सम्बन्ध है। किन्तु उस विगत-काल में लोगों को यह नहीं मालूम था कि यह सम्बन्ध क्या है? यह उनके लिए एक पहेली थी, और इस पहेली का तब तक कोई हल न निकल सका जब तक कि न्यूटन (Newton) ने गुरुत्वाकर्षण का सिद्धान्त स्थिर कर लोगों को यह न बता दिया कि इस सृष्टि का प्रत्येक पदार्थ एक-दूसरे को अपनी ओर आकर्षित करता है। महासागरो में उत्पन्न होने वाला ज्वार-भाटा इसी आकर्षण-शक्ति का परिणाम है।



चित्र 185—ज्वार उत्पन्न होने की प्रक्रिया

पृथ्वी का व्यास लगभग 8,000 मील है। इसलिए चन्द्रमा के सामने वाला भाग केन्द्र की अपेक्षा 4,000 मील एव उसके विपरीत भाग से 8,000 मील, चन्द्रमा के अधिक निकट है। अतः चन्द्रमा की शक्ति उसके सामने वाले भाग पर अधिक और पृथ्वी के केन्द्र तथा विपरीत भाग पर कम पड़ती है। आकर्षण शक्ति का प्रभाव ठोस वस्तु और जल पर भिन्न होता है। इसलिए यदि



चित्र 186—चन्द्रमा के आकर्षण का पृथ्वी पर प्रभाव, चित्र में म चन्द्रमा को तथा क, ख, ग पृथ्वी की स्थितियों को इंगित करते हैं

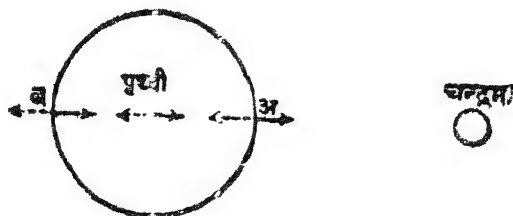
उठने का भिन्न कारण है। चन्द्रमा का खिचाव केन्द्र पर कम और विपरीत भाग पर नितान्त ही

पृथ्वी ठोस ही ठोस होती तो चन्द्रमा का प्रभाव स्थल पर बहुत कम दिखाई देता परन्तु चूँकि पृथ्वी चारों ओर जल से घिरी हुई है अतः जल पर यह प्रभाव अप्रत्याशित रूप से होता है। जो भाग चन्द्रमा के सामने पड़ता है उस स्थान का जल आकर्षण-शक्ति के कारण चन्द्रमा के ठीक नीचे सिमटकर ऊपर उठ जाता है। पृथ्वी के विपरीत भाग में भी इसी प्रकार जल ऊपर उठता है, किन्तु यहाँ पानी के ऊपर

कम होता है। इस कारण विपरीत भाग का जल उस प्रभाव से बहुत ही कम प्रभावित होता है। परन्तु पृथ्वी के ठोस होने के कारण वह पूरी की पूरी ही कुछ चन्द्रमा की ओर खिंच जाती है। इससे विपरीत भाग की ओर जल और स्थल के बीच कुछ अन्तर पड़ जाता है। इस अन्तर को भरने के लिए आसपास से चारों ओर का जल एकत्रित हो जाता है जिससे समुद्र-जल की सामान्य सतह ऊपर उठ जाती है और वहाँ ज्वार दिखाई देने लगता है।

ज्वार-भाटे के सम्बन्ध में दिये गये उपरोक्त स्पष्टीकरण को निम्न प्रकार से भली-भाँति समझा जा सकता है। पृथ्वी के समस्त भागों पर सदैव ही दो शक्तियाँ कार्य करती हैं—(1) आकर्षण शक्ति (Attractive Force), और (2) अपकेन्द्रीय शक्ति (Centrifugal force)। चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति द्वारा सभी पदार्थ सूर्य से चन्द्रमा की ओर तथा अपकेन्द्रीय शक्ति द्वारा चन्द्रमा से पृथ्वी की ओर आकर्षित होते हैं। इनमें से दूसरी शक्ति पृथ्वी के सभी स्थानों पर समान है, परन्तु यह शक्ति पृथ्वी के उस भाग पर जो कि ठीक चन्द्रमा के सामने पड़ता है, सर्वाधिक होती है।

चूँकि पृथ्वी और चन्द्रमा दोनों ही अपने स्थान पर स्थिर हैं, न कोई आगे बढ़ता है और न कोई पीछे हटता है। इस कारण यह स्पष्ट विदित हो जाता है कि पृथ्वी के केन्द्र पर आकर्षण शक्ति और अपकेन्द्रीय शक्ति दोनों बराबर हैं। किन्तु पृथ्वी का जो भाग चन्द्रमा के सबसे निकट है वहाँ आकर्षण शक्ति पृथ्वी के केन्द्र की अपेक्षा अधिक है। दूसरे शब्दों में यहाँ आकर्षण शक्ति अपकेन्द्रीय शक्ति से ज्यादा है। यहाँ आकर्षण शक्ति की अधिकता पानी को चन्द्रमा की ओर आकर्षित कर लेती है।



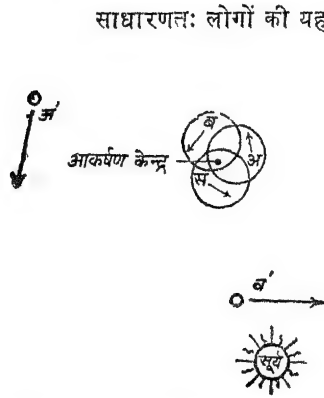
चित्र 187—चन्द्रमा की ज्वार उत्पादक शक्तियाँ

पृथ्वी का वह भाग जो कि चन्द्रमा से अधिकतम दूरी पर है वहाँ आकर्षण शक्ति पृथ्वी के केन्द्र से भी कम है। अर्थात् यहाँ आकर्षण शक्ति अपकेन्द्रीय शक्ति से भी कम है। अतएव यहाँ पर अपकेन्द्रीय शक्ति की अधिकता जल को पृथ्वी की ओर खींच लेती है। इस तरह पृथ्वी के एक ओर ज्वार आकर्षण शक्ति की अधिकता के कारण और दूसरी ओर अपकेन्द्रीय शक्ति की अधिकता के कारण उत्पन्न होते हैं।

इस प्रकार चन्द्रमा पृथ्वी तल पर एक ही समय में दो ज्वार उत्पन्न करता है। परन्तु ज्वार के समय पृथ्वी के अन्य भागों का जल भी खिंचकर चला आना है। इसलिए दोनों ज्वार वाले स्थानों के बीच के भाग में समुद्र-तल सामान्य तल से भी नीचा चला जाता है जिससे वहाँ भाटा (low tide) उत्पन्न हो जाता है। पृथ्वी की आवर्तन गति के कारण प्रत्येक स्थान सदा ही एक बार ठीक चन्द्रमा के सामने और एक बार ठीक उसके विपरीत दिशा में रहता है। अतः हर रोज प्रत्येक स्थान पर दो बार ज्वार-भाटा आया करता है।

यद्यपि ज्वार-भाटा मुख्यतः चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति के कारण ही उत्पन्न होते हैं, परन्तु सूर्य की आकर्षण शक्ति का भी उस पर प्रभाव पड़ता है। सूर्य की आकर्षण शक्ति चन्द्रमा की आकर्षण शक्ति से 255 लाख गुना अधिक है। किन्तु सूर्य चन्द्रमा की तुलना में पृथ्वी से लगभग 9,27,60,000 मील अधिक दूर है, इसलिए सूर्य की ज्वार उत्पन्न करने की शक्ति चन्द्रमा की केवल $\frac{1}{17}$ ही होती है। अतः ज्वार उत्पादक शक्ति के रूप में सूर्य का चन्द्रमा की अपेक्षा कम प्रभाव होता है।

पृथ्वी के केन्द्र पर सूर्य की आकर्षण शक्ति चन्द्रमा की तुलना में 169 गुना अधिक होती है। परन्तु ज्वार-भाटा केवल आकर्षण शक्ति की मात्रा से निर्धारित नहीं होते। ज्वार-भाटा वस्तुतः पृथ्वी के केन्द्र एवं पृथ्वी के चन्द्रमा से निकटवर्ती और दूरवर्ती भागों पर होने वाले आकर्षण शक्ति के अन्तर के कारण होता है। अतः स्पष्ट है कि ज्वार-भाटा का सम्बन्ध पृथ्वी की चन्द्रमा और सूर्य सम्बन्धी सापेक्ष गतियों से रहता है।



साधारणतः लोगों की यह धारणा है कि चन्द्रमा पृथ्वी का उपग्रह होने से वह उसके चारों ओर घूमता है। परन्तु चन्द्रमा पृथ्वी के चारों ओर नहीं घूमता। वस्तुतः चन्द्रमा और पृथ्वी दोनों एक ही आकर्षण केन्द्र के चारों ओर चक्कर काटते हैं। जैसा कि चित्र से स्पष्ट है। इस चित्र से ज्ञात होगा कि पृथ्वी और चन्द्रमा भिन्न-भिन्न स्थिति में केन्द्र के चारों ओर घूमते हैं। जब चन्द्रमा अ' स्थिति में होता है तो पृथ्वी अ की दशा में रहती है और जब वह ब' एवं स' की स्थिति में होता है तो पृथ्वी ब और स की अवस्था में रहती है। चन्द्रमा और पृथ्वी की इन पारस्परिक स्थितियों से स्पष्ट है कि चन्द्रमा के आकर्षण का प्रभाव न केवल उसके सम्मुख वाले

जल भाग पर अपितु समूचे पृथ्वी-पिण्ड पर होता है जिससे सम्पूर्ण पृथ्वी चन्द्रमा की ओर खिंच जाती है और विपरीत भाग का जल चन्द्रमा के खिंचाव से अप्रभावित रह जाता है। इसी कारण एक ज्वार चन्द्रमा के सम्मुख वाले भाग में और दूसरा इसके विपरीत भाग में होता है और इस प्रकार सन्तुलन स्थापित रहता है।

आलोचना

यद्यपि ज्वार-भाटे की उत्पत्ति का मूल कारण गुरुत्वाकर्षण ही है जिसको न्यूटन ने सन्तुलन साध्य के रूप में प्रस्तुत किया था। किन्तु कुछ विद्वानों ने इसके सम्बन्ध में निम्न आपत्तियाँ प्रस्तुत की हैं :

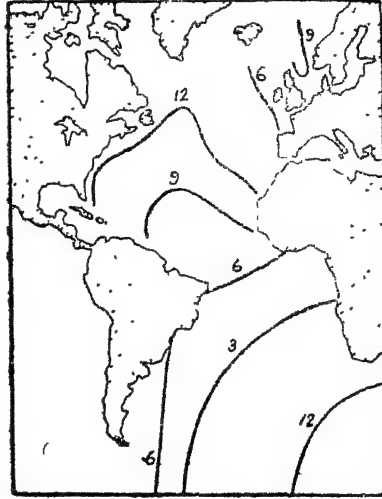
1. समुद्रों में ज्वार एक लहर के रूप में उत्पन्न होता है, अतः यदि पृथ्वी के धरातल पर जल ही जल होता तो इस सिद्धान्त के क्रियाशील होने की कल्पना की जा सकती थी। परन्तु धरातल पर जल और स्थल का असमान वितरण है इसलिए ज्वारीय लहरें चन्द्रमा के साथ पृथ्वी की परिक्रमा करते हुए प्रत्येक देशान्तर पर समान रूप से उत्पन्न नहीं होती। इन लहरों के विस्तार एवं दिशा में पर्याप्त अन्तर पाया जाता है।
2. समुद्रों की गहराई और उनके नितल की रचना एक जैसी नहीं है जिसका प्रभाव ज्वारीय लहरों की प्रगति पर होता है।
3. पृथ्वी का आकार चौरस न होकर गोलाकार है, इस कारण ज्वारीय लहरों की उत्पत्ति में किसी एक निश्चित नियम को मान लेना कठिन है।
4. समुद्रों में ज्वार-भाटे के अतिरिक्त अन्य कई गतियाँ होती हैं। ये गतियाँ ज्वारीय लहर की प्रगति में बाधक होती हैं।

उपरोक्त कारणों से स्पष्ट विदित हो जाता है कि ज्वारीय लहरे चन्द्रमा की ऊँचाई के अनुसार निश्चित समय पर पृथ्वी की परिक्रमा नहीं कर सकती। इसी से सन्तुलन-साध्य को त्रुटिपूर्ण बताया गया है।

(2) प्रगतिशील तरंग साध्य (Progressive Wave Theory)—जब किसी देशान्तर के सामने चन्द्रमा हो तो उस देशान्तर पर स्थित सभी स्थानों पर एक साथ समान रूप से ज्वार आना चाहिए, परन्तु स्थलीय प्रभाव के कारण ऐसा नहीं होता। इस स्थलीय प्रभाव के ऊपर ही प्रगतिशील तरंग की परिकल्पना आधारित है।

सूर्य व चन्द्रमा के आकर्षण में समुद्रों में ज्वार-भाटा लहरों के रूप में उत्पन्न होता है। इस प्रकार लहर ज्वार का प्रतिरूप है। इसमें लहर के शिखर (crest) को ज्वार और द्रोणी (trough) को भाटा माना गया है। पृथ्वी चारों ओर जल से वेष्टित मानी गयी है और ज्वार-लहरे पृथ्वी के चतुर्दिक नियमित गति से चलती हुई मानी गयी है। ये ज्वार-लहरे सूर्य व चन्द्रमा की गतियों से स्वतन्त्र रूप से चलती हैं। किन्तु इनकी गति जल की गहराई पर निर्भर करती है और इनके आगे बढ़ने में स्थल-खण्ड बाधा डालते हैं।

पृथ्वी पर यदि सर्वत्र जल ही जल होता तो चन्द्रमा द्वारा उत्पादित ज्वार-लहर ठीक चन्द्रमा की गति के अनुरूप पूर्व से पश्चिम को अबाध रूप से चला करती। परन्तु हम जानते हैं कि पृथ्वी पर सर्वत्र जल ही जल नहीं है। बीच-बीच में बड़े-बड़े भू-खण्ड आ गये हैं जो ज्वार-लहर की प्रगति को रोक देते हैं। पृथ्वी के दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थल की अपेक्षा जल का विस्तार अधिक है। दक्षिणी ध्रुव सागर में स्थल की कोई रुकावट नहीं है। अतएव यहाँ चन्द्रमा का आकर्षण सबसे अधिक होता है। इस आकर्षण शक्ति से ही समुद्र में ज्वार-लहर उत्पन्न होती है जो ठीक चन्द्रमा की गति का अनुसरण करती है। लगभग 180° देशान्तर के समीप यह लहर दो भागों में बँट जाती है और चन्द्रमा के साथ-साथ पूर्व से पश्चिम को आगे बढ़ती है। जब ये चलती-चलती उत्तम आशा अन्तरीप (Cape of Good Hope) पर पहुँचती है तो एक गौण तरंग उत्पन्न हो जाती है जो अन्ध महासागर के तट के साथ-साथ आगे बढ़ती है। अन्ध महासागर के तट पर ज्वार का निर्धारण इसी लहर द्वारा होता है। प्रशान्त महासागर और हिन्दमहासागर में भी इसी प्रकार की लहरे बन जाती हैं, जो बाद में वहाँ ज्वार उत्पन्न करती हैं। प्रगतिशील तरंग सिद्धान्त के अनुसार यही ज्वार-लहरें अपनी प्रगति के साथ-साथ ज्वार-भाटे को ससार के विभिन्न स्थानों तक ले जाती हैं।



चित्र 189—अन्ध महासागर की सम-ज्वार रेखाएँ

चन्द्रमा के आकर्षण से समुद्र में प्रधान ज्वार-लहर (primary wave) का जन्म होता है। इससे निकलने वाली शाखाएँ गौण लहरें (secondary waves) कहलाती हैं। इनमें प्रधान लहर की गति ठीक चन्द्रमा के अनुसार होती है। परन्तु गौण लहरें स्वतन्त्र रूप से आगे बढ़ती हैं।

ज्वार-भाटे के उत्पत्ति सम्बन्धी सिद्धान्तों में प्रगतिशील तरंग साध्य को बड़ी मान्यता प्राप्त हुई है। किन्तु फिर भी इसके सम्बन्ध में निम्न आपत्तियाँ उठायी गयी हैं :

(1) इस साध्य के अनुसार प्रमुख ज्वारीय लहर का उत्पत्ति स्थान अण्टार्कटिक महासागर माना गया है। प्रमुख ज्वारीय लहर से निकली गौण लहरे ही अन्ध, हिन्द तथा प्रशान्त महासागरों में प्रवेश करती हैं। ये लहरें जब दक्षिण से उत्तर की ओर अग्रसर होती हैं तो इनके उत्पत्ति-काल

मे वृद्धि होती जाती है। किन्तु यह सम्भव प्रतीत नहीं होता कि अन्ध महासागर में पहुँचने वाली लहरे काफी समय पूर्व अष्टार्कटिक महासागर में उत्पन्न हो जाती हो। वस्तुतः ज्वारीय लहरों की उत्पत्ति स्थानीय होनी चाहिए।

(2) ज्वारीय लहरों की प्रगति के सम्बन्ध में महासागरीय नितल की रचना एवं तटीय रचना से उत्पन्न बाधाओं का ध्यान नहीं रखा गया है।

(3) महासागरो में कई प्रकार की ज्वारीय लहरे देखी जाती है। उत्तरी अन्ध महासागर एवं उत्तरी प्रशान्त महासागर में एक ही अक्षांश पर क्रमशः अर्द्ध-दैनिक तथा दैनिक ज्वार-भाटा उत्पन्न होते देखे जाते हैं जिनका स्पष्टीकरण इस सिद्धान्त द्वारा नहीं होता।

(4) उत्तरी तथा दक्षिणी अन्ध महासागर में एक ही समय में दो स्थानों पर वृहद् ज्वार आते हुए देखे गये हैं जो कि इस सिद्धान्त के प्रतिकूल है।

(3) स्थावर तरंग सिद्धान्त (Stationary Wave Theory)—इस सिद्धान्त का मूल प्रणेता हैरिस (Harris) नामक विद्वान है। समुद्रों में ज्वार की उत्पत्ति को स्पष्ट करने के लिए इस शताब्दी के प्रारम्भ में हैरिस ने स्थावर तरंग के मन का प्रतिपादन किया। उसके मतानुसार ज्वारीय लहर स्थायी होती है और उसी के द्वारा भिन्न-भिन्न स्थानों पर ज्वार आते हैं। परन्तु अलग-अलग समुद्रों में अलग-अलग स्थावर तरंगें होती हैं। उसकी इस मान्यता का आधार निम्न प्रयोग है :

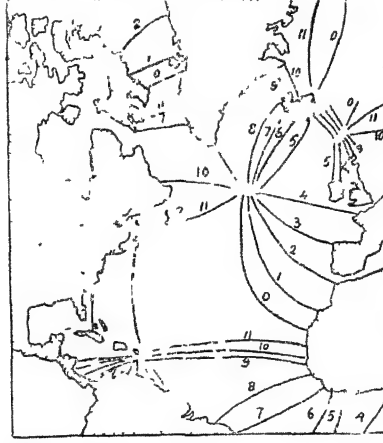
यदि हम किसी चौड़े बर्तन में थोड़ा पानी ले और फिर उसके एक किनारे को शीघ्रता से ऊपर उठाकर नीचा कर दें तो बर्तन में जल के ऊँचे-नीचे होने का एक क्रम बन जायगा। जब पानी दाहिनी ओर ऊपर उठेगा तो बायी ओर नीचा हो जायगा और जब पानी बायी ओर ऊपर उठेगा तो दाहिनी ओर नीचे दब जायगा और फिर यही क्रम कुछ देर तक चलता रहेगा। पात्र के हिलने से अस्तित्व में आयी ऐसी मध्यवर्ती रेखा को जिसके सन्दर्भ में जल ऊपर-नीचे होता है, निस्पन्द रेखा (Nodal line) और तरंग को स्थावर तरंग (Stationary Wave) कहा जाता है।

चित्र 190—एकल निस्पन्दन तथा द्वि-निस्पन्दन स्थावर तरंग के दोलन का आवर्तन काल (period of oscillation), पात्र की लम्बाई, पात्र में जल की गहराई और पात्र को दिये गये झटके की शक्ति के ऊपर निर्भर होता है।

इसी प्रयोग के आधार पर हैरिस ने अपनी यह मान्यता प्रकट की कि खुले महासागरों में भी कुछ इसी प्रकार की क्रिया होती है। जब चन्द्रमा अपने आकर्षण द्वारा जल को एक ओर खींच लेता है तो समुद्र में एक स्थावर तरंग अस्तित्व में आ जाती है। विभिन्न स्थानों पर जल का ऊँचा-नीचा होना अर्थात् ज्वार-भाटा आना इस स्थावर तरंग की गति मात्र होती है। स्थावर तरंग की क्रियाशीलता उसी समय तक रहती है जब तक चन्द्रमा का आकर्षण प्रभावशाली रहता है।

इसके साथ ही साथ उसने इस बात की भी कल्पना की है कि भिन्न-भिन्न समुद्रों में अपनी-अपनी अलग स्थावर तरंग होती है और उन्हीं के आधार पर वहाँ ज्वार आता है। भिन्न-भिन्न सागरों की स्थावर तरंगों के संयुक्त रूप को दोलन प्रणाली (Oscillation system) कहा जाता है। इनमें से प्रत्येक तरंग के दोलन का एक निश्चित आवर्तन काल

(period of oscillation) रहता है जो गणित की सहायता से निश्चित किया जा सकता है। इस प्रकार चन्द्रमा और सूर्य के आकर्षण से समुद्रों में स्थानीय रूप से दोलन होता है। इस दोलन क्रिया पर समुद्रों के तल की रचना, गहराई एवं पृथ्वी के परिभ्रमण का प्रभाव होता है। समुद्रों की सरल दोलन प्रणाली पर महाद्वीपों के प्राय-द्वीपीय प्रसार तथा द्वीप बाधक होने हैं। इन बाधाओं के कारण समुद्रों में भँवर बिन्दुओं (Amphidromic Points) की उत्पत्ति होती है। इन भँवर बिन्दुओं के चारों ओर समुद्र-जल का दोलन होता है। दोलन में स्थावर लहर परिक्रमा लगाती है। स्थावर लहर की प्रगति के साथ-साथ ज्वार की अवस्था में अन्तर बढ़ता जाता है। समुद्रों में उनकी रचना के अनुसार एक भँवर बिन्दु के स्थान पर अनेक भँवर बिन्दु उत्पन्न हो सकते हैं। समुद्र गहरा होने पर दोलन के कारण अधिक ऊँची स्थावर तरंगें उठती हैं। छिछले समुद्रों में स्थावर लहरे कम ऊँची होती हैं। स्थावर लहरों के ऊर्ध्व भाग में भाटा होता है। हैरिस का विश्वास है कि पृथ्वी की परिभ्रमण गति के कारण स्थावर लहरों में गति उत्पन्न होती है। ज्वार-भाटे में जल का दोलन एक रेखा पर न होकर भँवर बिन्दु के चारों ओर होता है। भँवर बिन्दु के चारों ओर विभिन्न ज्वारीय लहरों को सम-ज्वार रेखाओं (co-tidal lines) द्वारा दिखाया जा सकता है।



चित्र 19।—स्थायर तरंग सिद्धान्त के अनुसार उत्तरी अन्ध महासागर की सम-ज्वार रेखाएँ

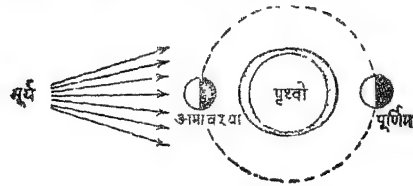
डा० हैरिस ने उत्तरी अन्ध महासागर की ज्वारीय लहरों का अध्ययन कर एक मानचित्र प्रस्तुत किया है जिसमें भँवर बिन्दुओं तथा सम-ज्वार रेखाओं को बताया गया है। उसके प्रयोग से यह ज्ञात हुआ है कि अन्ध महासागर में ज्वार-भाटा स्थावर लहर के द्वारा ही उत्पन्न होता है। इस लहर की दिशा हमेशा उत्तर-दक्षिण रहती है। गणित द्वारा भी यह प्रमाणित होता है कि अन्ध महासागर में आने वाले ज्वार इस लहर के दोलन के काल के अनुसार ही आते हैं, परन्तु ज्वारहीन काल के बारे में इस प्रयोग द्वारा कोई प्रमाण प्राप्त नहीं हो सके है।

ज्वार-भाटा के प्रकार (Kinds of Tides)

संसार के विभिन्न महासागरों में भिन्न-भिन्न प्रकार के ज्वार-भाटे आया करते हैं। ज्वार-भाटे के प्रकारों पर चन्द्रमा और पृथ्वी की गतियों का विशेष प्रभाव पड़ता है। इसके अतिरिक्त महासागरों के विस्तार और अक्षान्तरो का भी इन पर प्रभाव देखा जाता है। विषुवत रेखा के आसपास के समुद्रों में दिन में दो बार ज्वार और दो बार भाटा आया करता है जबकि ध्रुवों के निकटवर्ती समुद्रों में दिन में केवल एक बार ज्वार और एक बार भाटा आया करता है। ज्वार-भाटा अक्षांश तथा देशान्तरो से नियन्त्रित नहीं होते। कई बार एक ही समुद्र में समान अक्षान्तरो में स्थित दो भिन्न बन्दरगाहों में ज्वार के समय और उसकी ऊँचाई में बड़ा अन्तर देखा जाता है। सामान्यतः ज्वार-भाटे के निम्न भेद किये जाते हैं :

(1) वृहत अथवा दीर्घ ज्वार (Spring Tides)—पृथ्वी पर केवल चन्द्रमा का ही प्रभाव नहीं होता, वरन् सूर्य भी उसे अपनी ओर आकर्षित करता है। इसलिए ज्वार के उत्पादन]

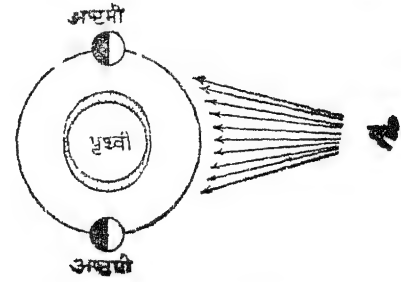
में चन्द्रमा ही नहीं सूर्य भी योग देता है। सूर्य पृथ्वी से चन्द्रमा की अपेक्षा 9,27,50,000 मील दूर पड़ता है। इस कारण प्रतिदिन ज्वार की अभिवृद्धि में सूर्य का प्रभाव मालूम नहीं होता। किन्तु



चित्र 192—वृहत् ज्वार

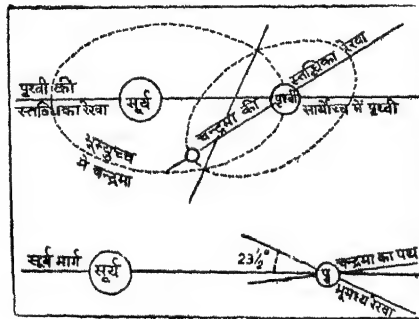
संयुक्त प्रभाव होता है। अतः इन तिथियों पर अन्य दिवसों की अपेक्षा ज्वार अधिक ऊँचाई तक उठता है। इसकी ऊँचाई औसत ज्वार से 20 प्रतिशत अधिक होती है। इसी को वृहत् या दीर्घ ज्वार (Spring tide) कहा जाता है।

(2) लघु ज्वार (Neap Tide)—अमावस्या और पूर्णिमा के अतिरिक्त अन्य तिथियों पर पृथ्वी, सूर्य और चन्द्रमा की स्थितियाँ बदल जाती हैं। शुक्ल पक्ष और कृष्ण पक्ष की सप्तमी और अष्टमी को सूर्य और चन्द्रमा की स्थिति पृथ्वी के केन्द्र से समकोण बनाती है। इस कारण सूर्य और चन्द्रमा दोनों ही पृथ्वी के जल को भिन्न दिशाओं की ओर प्रभावित करते हैं, जिससे ज्वार की साधारण ऊँचाई में भी कमी आ जाती है। चन्द्रमा के सम्मुख वाले भाग पर कम ऊँचा ज्वार आता है, जो लघु ज्वार (Neap tide) कहलाता है। यहाँ यह स्मरण रखना चाहिए कि इन तिथियों को भाटे की ऊँचाई अन्य दिवसों की अपेक्षाकृत अधिक रहती है। इसलिए इन तिथियों को ज्वार और भाटे की जल की ऊँचाई में बहुत कम अन्तर होता है। औसत ज्वार की अपेक्षाकृत लघु ज्वार 20 प्रतिशत नीचा होता है।



चित्र 193—लघु ज्वार

(3) भूमि-उच्च एवं भूमि-नीच ज्वार (Apogean and Perigean Tides)—अपनी कक्ष (orbit) पर घूमता हुआ चन्द्रमा जब पृथ्वी के निकटतम अर्थात् भूमि-नीच (perigee) स्थिति में होता है तो उसकी ज्वार उत्पन्न करने की शक्ति औसत शक्ति से कहीं अधिक होती है। ऐसी अवस्था में जो ज्वार आता है वह औसत ज्वार से 15-20 प्रतिशत अधिक बढ़ा होता है। ऐसे ज्वार को भूमि-नीच ज्वार (perigean tides) कहा जाता है।



चित्र 194—सौम्योच्च तथा चन्द्रमा के भूमि-उच्च के समय ज्वार-भाटे पर प्रभाव

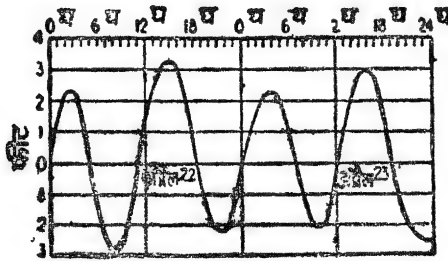
(4) अयनवृत्तीय ज्वार और विषुवतरेखीय ज्वार (Tropic Tides and Equatorial Tides)—सूर्य के समान चन्द्रमा भी अपने परिक्रमण के समय विषुवत रेखा के उत्तर और दक्षिण को झुक जाता है। चन्द्रमा का यह झुकाव सूर्य के वार्षिक झुकाव के बराबर होता है किन्तु

जब चन्द्रमा पृथ्वी से अधिकतम दूरी अर्थात् भूमि-उच्च स्थिति (apogee) में होता है तो उसकी ज्वार उत्पादक शक्ति औसत ज्वार से 20 प्रतिशत कम रहती है। अतः ऐसे ज्वार को भूमि-उच्च ज्वार (Apogean tides) कहा जाता है।

चन्द्रमा इसको $29\frac{1}{2}$ दिन के संयुक्त मास (synodi month) में पूरा कर लेता है। जब चन्द्रमा का उत्तर की ओर दूरतम झुकाव होता है तो ज्वार केन्द्र जो कि उस बिन्दु पर होता है जहाँ चन्द्रमा की किरणें पृथ्वी पर एकदम सीधी पड़ती है—कर्क रेखा के समीप पश्चिम की ओर आगे बढ़ता है। इसी प्रकार विपरीत ज्वार केन्द्र भी मकर रेखा के समीप पृथ्वी के चारों ओर आगे बढ़ता है। इसके परिणामस्वरूप विषुवत रेखा के उत्तर और दक्षिण स्थित कुछ विशेष स्थानों पर क्रमिक रूप से आने वाले ऊँचे और नीचे ज्वार का आकार (size) असमान होता है, परन्तु एकान्तरक (alternate) ज्वार समान आकार के होते हैं। ज्वार की इस घटना को **ज्वार की दैनिक असमानता (Diurnal inequality)** कहते हैं।

ज्वार की यह असमानता महीने में दो बार—जबकि चन्द्रमा का झुकाव अधिकतम होता है—विशेष रूप से होती है। उस समय जो ज्वार आता है उसे **अयनवृत्तीय ज्वार (Tropic tides)** कहा जाता है। ज्वार की असमानता महीने में दो बार—जबकि चन्द्रमा विषुवत रेखा पर सीधा चमकता है—विलुप्त हो जाती है। इस समय के ज्वार को **विषुवतरेखीय ज्वार (Equatorial tides)** कहा जाता है।

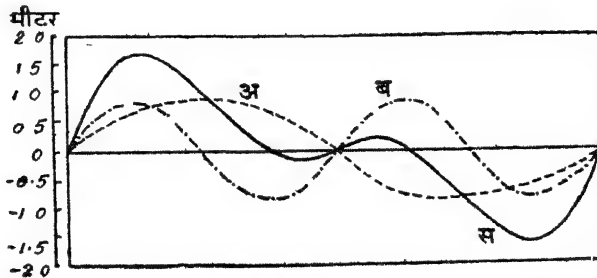
(5) **दैनिक ज्वार-भाटा (Diurnal Tides)**—जब किसी स्थान पर दिन में केवल



चित्र 195—दैनिक ज्वार-भाटे की ऊँचाई और अन्तर (न्यूयार्क में)

एक बार ज्वार-भाटा आता है तो उसे **दैनिक ज्वार-भाटा** कहते हैं। यह 24 घण्टे 52 मिनट के अन्तर पर होता है।

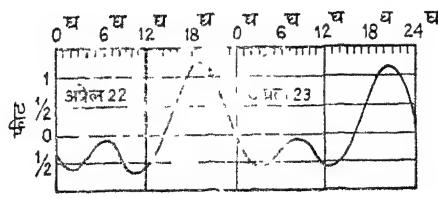
(6) **अर्द्ध-दैनिक ज्वार-भाटा (Semi-diurnal Tides)**—जब कहीं दिन में दो बार



चित्र 196—ज्वार-भाटे के प्रकार : (अ) दैनिक ज्वार-भाटे, (ब) अर्द्ध-दैनिक ज्वार-भाटे, (स) मिश्रित ज्वार-भाटे

ज्वार-भाटा आता है तो उसे **अर्द्ध-दैनिक ज्वार-भाटा** कहा जाता है। यह प्रति 12 घण्टे 26 मिनट पश्चात् आता है।

(7) मिश्रित ज्वार-भाटा (Mixed Tides)—जब किसी समुद्र में दैनिक तथा अर्द्ध-



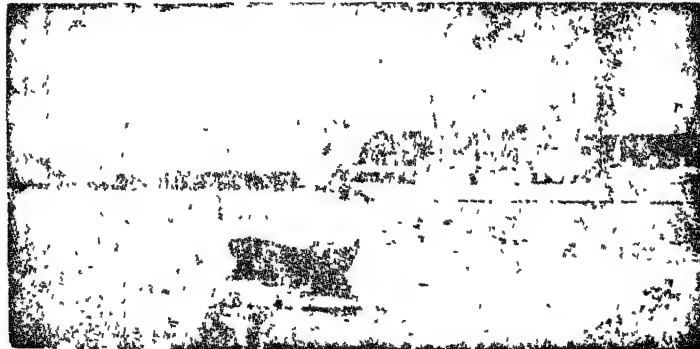
चित्र 197—मिश्रित ज्वार-भाटे की ऊँचाई और अन्तर (होनोलूलू में)

ज्वार-भाटे पर भौगोलिक बातों का प्रभाव

उपरोक्त विवरण से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि किसी स्थान पर ज्वार उसी समय आना चाहिए जबकि चन्द्रमा उस स्थान के ठीक सामने पड़ता हो। इसके अतिरिक्त उस स्थान के देशान्तर पर स्थित सभी स्थानों पर ज्वार का समय भी एक ही हो। साथ-साथ यह भी आशा की जाती है कि ज्वार की लहर पूरब से पश्चिम को चन्द्रमा के साथ-साथ आगे बढ़ती जाय, किन्तु व्यवहार में ऐसा कभी नहीं होता। लिवरपूल और लीथ दोनों ही ग्रीनविच के 3° पश्चिम में स्थित हैं, परन्तु दोनों स्थानों के ज्वार के समय में 3 घण्टे का अन्तर रहता है। अन्ध महासागर में ज्वार की लहर पूरब से पश्चिम की अपेक्षा सदैव पश्चिम से पूरब की ओर ही चला करती है। ज्वार-भाटे के इस विपरीत व्यवहार के कई कारण हैं। ज्वार की लहर, ज्वार की ऊँचाई और ज्वार के समय पर समुद्रतट की बनावट, समुद्र की गहराई और समुद्र के घ्रातल का गहरा प्रभाव पड़ता है।

(1) ज्वार की लहर—ज्वार की लहर पर महाद्वीपों की बनावट का अभूतपूर्व प्रभाव पड़ता है। पृथ्वी यदि चारों ओर जल से घिरी हुई होती तो ज्वार की लहर पूर्व से पश्चिम को अबाध रूप से चक्कर लगाया करती। परन्तु उत्तर से दक्षिण को फैले हुए महाद्वीप जगह-जगह ज्वार की लहर के बीच अवरोध खड़े कर देते हैं, जिससे ज्वार की लहर एक हिलोर के रूप में पृथ्वी का चक्कर न लगाकर, भिन्न-भिन्न समुद्रों में भिन्न-भिन्न रूप से ज्वार उत्पन्न करती है।

(2) ज्वार की ऊँचाई—ज्वार की ऊँचाई और उसकी गति पर समुद्र की गहराई और उसकी तली का अत्यधिक प्रभाव देखा जाता है। समुद्र सभी जगह समान रूप से गहरा नहीं है।



चित्र 198—फण्डी की खाड़ी (ज्वार के समय)

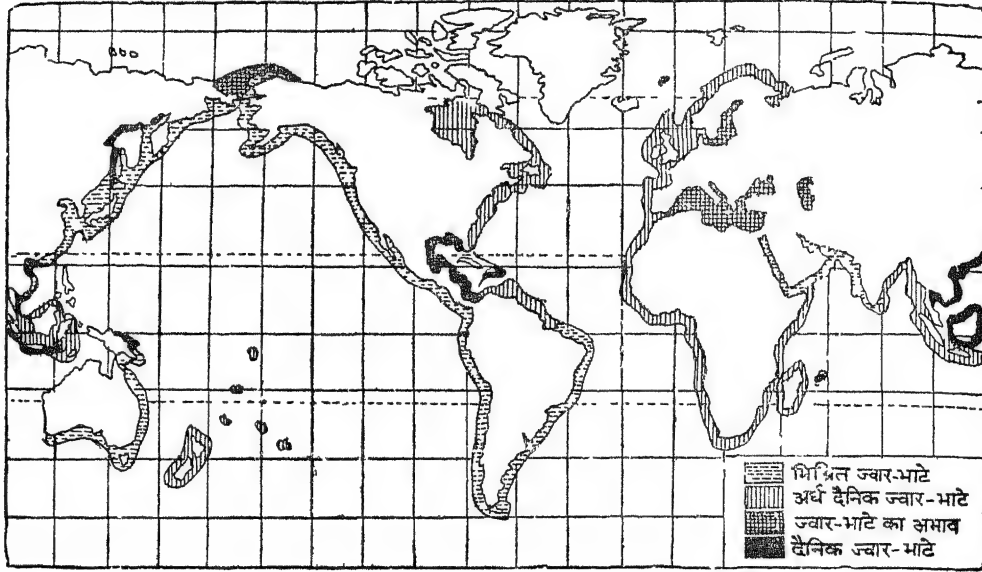
कहीं वह छिछला ओर कहीं गहरा है। समुद्र की तली भी इसी तरह ऊँची-नीची है। पहाड़ियाँ,

द्वीप, मैदान और खड़े ढाल सभी समुद्र की तली पर देखे जा सकते हैं। मूल महासागरो में जहाँ पानी गहरा और बाधाओं में मुक्त होता है—ज्वार की ऊँचाई कम होती है। यहाँ ज्वार की अधिक से अधिक ऊँचाई 5 या 6 फुट होती है। किन्तु जब कभी ज्वार-लहर छिछले सागर अथवा मग्नतट की ओर बढ़ती है तो लहर के आगे बढ़ने में रुकावट उत्पन्न होती है। लहर का अग्रभाग बाधास्वरूप आगे बढ़ने की अपेक्षा स्थिर हो जाता है, किन्तु पीछे में ज्वार की शक्ति इसको बराबर आगे धकेलती रहती है। इससे लहर की लम्बाई तो घट जाती है परन्तु ज्वार की ऊँचाई बढ़ जाती है। इस तरह छिछले स्थानों पर ज्वार की ऊँचाई 20 से 30 फुट तक हो जाती है।

तट की बनावट का भी ज्वार की ऊँचाई पर कम प्रभाव नहीं होता। टेढ़ा-मेढ़ा और कटा-फटा तट ज्वार के मार्ग की दिशा और ऊँचाई दोनों पर प्रभाव डालता है। जहाँ कहीं ज्वार नदियों के मुहाने में प्रवेश करता है, वहाँ उसकी ऊँचाई बहुत बढ़ जाती है। इससे भी अधिक ज्वार जब स्थल से आवद्ध किसी ऐसी खाड़ी में प्रवेश कर जाय जिसका मुँह चौड़ा और भीतर की ओर संकीर्ण होने लगे तो ज्वार की ऊँचाई कल्पनातीत हो जाती है। इंग्लैण्ड के पश्चिम-तट पर लिवरपूल की खाड़ी और उत्तरी अमरीका के पूर्वी-तट पर फण्डी की खाड़ी ऐसी खाड़ियाँ हैं। यहाँ ज्वार की ऊँचाई क्रमशः 29 फुट और 70 फुट तक देखी जाती है। इसके विपरीत ऐसी खाड़ियों में जिनका मुँह संकीर्ण और भीतरी अंग चौड़ा हो जाता है, ज्वार की ऊँचाई नाममात्र ही होती है जैसे भूमध्य सागर और बाल्टिक सागर में बहुत कम ऊँचा ज्वार उठता है। मेक्सिको की खाड़ी में तो ज्वार 2 फुट ऊँचा ही उठा करता है। छोटी झीलों में ज्वार का प्रभाव प्रायः नगण्य ही होता है, परन्तु बड़ी झीलों में कुछ हल्का ज्वार आया करता है। जैसे मिशीगन झील में 2 इंच ऊँचा ज्वार आता है।

(3) **ज्वार का समय**—ज्वार की ऊँचाई के समान ज्वार का समय भी समुद्र-तट की बनावट पर निर्भर करता है। यही कारण है कि भिन्न-भिन्न समुद्रों में ज्वार की ऊँचाई के समान ज्वार का समय भी भिन्न होता है। किन्तु इसका यह अर्थ कदापि नहीं है कि प्रतिदिन प्रत्येक स्थान पर ज्वार का समय बदलता रहता है। प्रत्येक स्थान पर ज्वार आने के निश्चित समय में कोई अन्तर नहीं होता। केवल ज्वार के उतार-चढ़ाव के समय के अन्तर में स्थानीय भेद पाया जाता है। इसका मूल कारण ज्वार की गति है। ज्वार की गति समुद्र की गहराई, स्थल की दूरी और तट की बनावट आदि कई बातों पर निर्भर करती है। अतः ज्वार की गति कभी कम और कभी तेज होती है। अतः भिन्न-भिन्न स्थानों पर ज्वार भिन्न-भिन्न समय पर पहुँचता है और उसके आने के समय में अन्तर पड़ जाता है। इसलिए हम देखते हैं कि कई जगह दिन में एक बार, कहीं दो बार और कहीं चार बार ज्वार आया करते हैं। उदाहरणतः, मेक्सिको की खाड़ी के कुछ भागों में प्रतिदिन एक बार ज्वार और एक बार भाटा आया करता है, परन्तु बम्बई, कलकत्ता, शंघाई, लिवरपूल और न्यूयार्क जैसे बन्दरगाहों में दिन में दो बार ज्वार और दो बार भाटा आता है। इंग्लैण्ड के दक्षिण-तट पर स्थित साऊथैम्पटन बन्दरगाह में तो प्रतिदिन चार ज्वार और चार भाटे आया करते हैं। यहाँ ऐसा होने का मुख्य कारण यह है कि ज्वार की एक शाखा सोलेंट होकर और दूसरी स्पिटहेड होते हुए इस बन्दरगाह में प्रवेश करती है और इनके प्रवेश के समय में भी दो घण्टे का अन्तर रहता है। अतः यहाँ प्रति दो घण्टे पश्चात् ज्वार और भाटा आता रहता है। इनके अतिरिक्त ताहिती द्वीप के समीप कुछ ऐसी अवस्थाएँ पायी जाती हैं जिससे वहाँ चन्द्रमा द्वारा कभी ज्वार नहीं आता। केवल सूर्य के प्रभाव से एक नगण्य-सी बाढ़ आ जाया करती है जो प्रति 12 घण्टे पश्चात् होती है। इस तरह यहाँ वर्ष भर न वृहत ज्वार ही आता है और न लघु ज्वार ही। आगे संसार के मानचित्र में ज्वार-भाटों के प्रकार का वितरण दिखाया गया है। इस मानचित्र से आपको ज्ञात होगा कि अन्ध महासागर के अधिकांश तटों पर अर्द्ध-दैनिक ज्वार-

भाटे आया करते हैं। केवल मेक्सिको की खाड़ी में दैनिक तथा दक्षिणी अमरीका के पूर्वी तटों पर मिश्रित ज्वार-भाटे उत्पन्न होते हैं। भूमध्य सागर, बाल्टिक सागर तथा पश्चिमी द्वीपसमूह के तटों पर कोई ज्वार नहीं आता। प्रशान्त महासागर में इसके विपरीत मिश्रित ज्वार-भाटे की



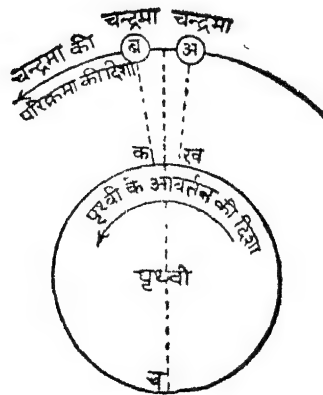
चित्र 199—संसार के विभिन्न महासागरों में ज्वार-भाटे के प्रकार का वातावरण

प्रधानता रहती है। जापान एवं फिलीपाइन द्वीपसमूहों में दैनिक ज्वार-भाटा आता है। हिन्द महासागर में बंगाल की खाड़ी तथा अफ्रीका के पूर्वी तटों पर अर्द्ध-दैनिक एवं अरब सागरीय किनारों पर मिश्रित ज्वार-भाटे आया करते हैं।

ज्वार और चन्द्रमा के बीच सम्बन्ध

पृथ्वी अपनी धुरी पर 24 घण्टे में एक पूरा चक्कर लगाती है। इसलिए यह आशा की

जाती है कि ज्वार प्रत्येक स्थान पर 12 घण्टे पश्चात आये। परन्तु ज्वार 12 घण्टे के स्थान पर सदा ही 12 घण्टे 26 मिनट बाद आता है। जैसे यदि किसी स्थान पर प्रातः 9 बजे ज्वार आता है तो दूसरा ज्वार रात्रि को 9 बजकर 26 मिनट पर और फिर तीसरा प्रातः 9 बजकर 52 मिनट पर आयेगा। मूल कारण यह है कि चन्द्रमा एक ही स्थान पर स्थिर नहीं। पृथ्वी का उपग्रह होने के कारण वह उसकी परिक्रमा लगाया करता है। इस कारण एक दिन में वह अपने स्थान से कुछ आगे बढ़ जाता है। इसलिए किसी स्थान को दुबारा ठीक चन्द्रमा के सामने पहुँचने में 24 घण्टे और 52 मिनट लग जाते हैं। परन्तु इस बीच में चन्द्रमा के सामने वाली स्थिति के विपरीत स्थान पर भी ज्वार आयेगा जो 12 घण्टे और 26 मिनट पश्चात आयेगा। उदाहरणतः, पास के चित्र में जब चन्द्रमा अ स्थान पर होता है तो ख स्थान पर ज्वार आता है। ख स्थान को एक बार घूमकर पुनः अपने स्थान पर आने में 24 घण्टे



चित्र 200—ज्वार के समय में देरी का कारण

स्थान पर ज्वार आता है। ख स्थान को एक बार घूमकर पुनः अपने स्थान पर आने में 24 घण्टे

लगते हैं। इस बीच चन्द्रमा क स्थान पर पहुँच जाता है। इस कारण ख स्थान पर पुनः उस समय तक ज्वार नहीं आता जब तक कि ख क स्थान पर नहीं पहुँच जाता। चन्द्रमा 28 दिन में पृथ्वी की परिक्रमा पूरी कर लेता है। इसलिए क ख इसके वृत्त का $\frac{1}{28}$ भाग है। जब यदि ख स्थान 24 घण्टे में एक पूरा चक्कर लगा लेता है तो इस $\frac{1}{28}$ भाग को वह $2\frac{4}{28} \times 60 = 52$ मिनट में पूरा करेगा। किन्तु इस परिक्रमा के बीच ख स्थान पर चन्द्रमा के विपरीत पृथ्वी के दूसरी ओर च स्थान पर भी ज्वार आयेगा। यहाँ ज्वार 12 घण्टे और 26 मिनट बाद आयेगा। इस प्रकार प्रत्येक स्थान पर 12 घण्टे 26 मिनट बाद ज्वार और ज्वार के 6 घण्टे 13 मिनट बाद भाटा आता है। ज्वार-भाटे का यह क्रम बराबर चला ही करता है।

बहुत-से लोगो ने बार-बार इस बात का अनुभव किया है कि जब उच्च ज्वार आता है तो चन्द्रमा द्वारा फेंकी गयी किसी स्थिर वस्तु (झण्डी, बॉस आदि) की छाया सदैव अपनी विशेष दिशा रखती है। कोलम्बो पर चन्द्रमा के उस देशान्तर को पार करने के लगभग 2 घण्टे बाद ज्वार आता है। इसलिए यदि चन्द्रमा चमक रहा हो और दक्षिण की ओर झुक गया हो तो यह समझ लेना चाहिए कि ज्वार अब दूर नहीं है। किन्तु मद्रास और कराँची पर उच्च ज्वार चन्द्रमा के उस स्थान के देशान्तर को पार कर लेने के क्रमशः 8 व 10 घण्टे बाद आता है। हम कई बार रात को आकाश की मेघाच्छन्नता से चन्द्रमा को देख नहीं पाते, परन्तु उच्च ज्वार का समय चन्द्रमा की चाल के अनुसार गणित द्वारा निकाल लिया जाता है।

नदियों के मुहानों पर स्थित बन्दरगाहो—जैसे कलकत्ता, रंगून, मोलमीन आदि—में आने वाले ज्वार के बारे में भविष्यवाणी करना थोड़ा दुष्कर होता है, क्योंकि इनकी विशेष अवस्थाओ—जैसे मुहाने की भू-रचना, छिछला अग्रभाग (Shallow fore shore) आदि के कारण विशेष आगणन आवश्यक होता है। नीचे कुछ बन्दरगाहो के टाइड टेबुल (Tide table) के अनुसार चन्द्रमा के दक्षिण की ओर झुकने और ज्वार के आने के बीच समय का अन्तर इस प्रकार रहता है।¹

नदी	बन्दरगाह	ज्वार	भाटा
हुगली	{ डुबलोट (सागर द्वीप)	35 घण्टे	29 घण्टे
	{ डायमण्ड बन्दरगाह	36 ,,	32 ,,
	{ किडारपुर	39 ,,	35 ,,
कर्णफूली, रंगून	{ चिटगाँव	38 ,,	33 ,,
	{ एलीफेण्ट पाइण्ट	40 ,,	35 ,,
	{ रंगून	41 ,,	36 ,,
मोलमीन	{ एमहर्स्ट	39 ,,	34 ,,
	{ मोलमीन	40 ,,	37 ,,

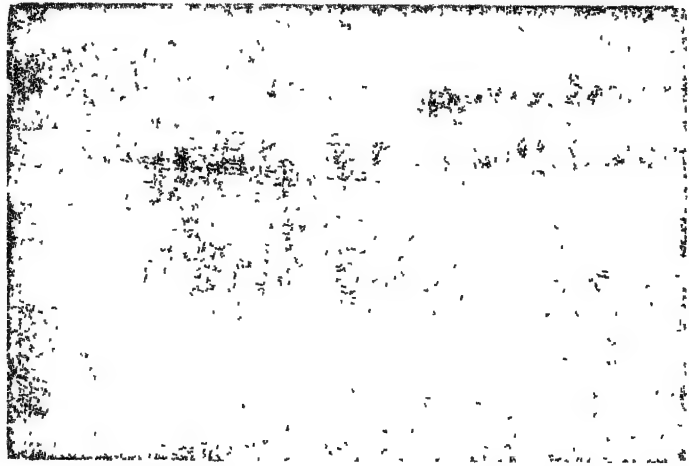
ज्वार-भीति (Tidal Bore)

खुले महासागरों में ज्वार की लहर एक समान तथा अबाध गति से चलती रहती है। किन्तु जब कभी ज्वार-लहर छिछले जल-भाग में पहुँचती है तो उसका अग्रभाग बाधास्वरूप अवरुद्ध हो जाता है। पिछला भाग इसकी अपेक्षा एकदम अवरुद्ध नहीं हो पाता, जिससे पिछला भाग शनैः-शनैः अग्रभाग पर आकर जमा होने लगता है, जिससे अग्रभाग की ऊँचाई बढ़ जाती है। यदि लहर में यह अवरोध अचानक उत्पन्न हो जाय तो अग्रभाग की ऊँचाई इतनी उठ जायगी कि उसका शिखर छिन्न होकर ऊपर से गिरने लगेगा और रेतीले तट पर उसका भग्नोर्मि के अनुरूप ही एक

1 C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 352.

क्रम लग जायेगा। ऐसा प्रायः उस समय होता है जबकि ज्वार-लहर किसी नदी के मुहाने पर पहुँच जाती है। नदी के संकीर्ण मुँह तथा तेज प्रवाह के कारण ज्वार-लहर आगे बढ़ने से रुक जाती है और जल की वहाँ एक दीवार खड़ी हो जाती है। ज्वार की शक्ति से जल की यह दीवार नदी में आगे धुस जाती है और प्रवाह उल्टा हो जाता है। जल की इसी ऊँची दीवार को ज्वार-भीति (Tidal Bore) कहा जाता है।

संसार की अनेक नदियों में इस प्रकार की ज्वार-भीति (tidal bore) आया करती है। हुगली नदी में प्रायः नियमित रूप से ऐसी ऊँची ज्वार-भीति आया करती है, जिससे बड़े-बड़े जहाज कलकत्ता के बन्दरगाह तक पहुँच जाते हैं। जब किसी नदी की धारा की चौड़ाई अपने मुहाने से उद्गम स्थान की ओर एकसी होती है अर्थात् उसकी चौड़ाई धीरे-धीरे घटती है तो घर्षण (friction) के कारण ज्वार की ऊँचाई धीरे-धीरे कम होती जाती है। उदाहरणतः, मोलमीन नदी में जनवरी में एमहर्स्ट नामक स्थान पर ज्वार की ऊँचाई 19 फुट और 5 फुट के बीच में और इसी महीने में मोलमीन नामक स्थान पर 10 से 5 फुट के बीच रहती है। वर्षा ऋतु



चित्र 201—सेवर्न नदी में ज्वार-भीति

के सितम्बर मास में जबकि नदियाँ बाढ़ से पूर्ण रहती हैं, एमहर्स्ट स्थान पर ज्वार की ऊँचाई 22 से 5 फुट और मोलमीन में 12 से 3 फुट तक रहती है। येम्स नदी में ज्वार की औसत ऊँचाई शीरनेस (Sheerness) पर 20 फुट, लन्दन-ब्रिज पर 15 फुट और क्यू-ब्रिज पर 7 फुट रहती है। इसके विपरीत, जब नदी की धारा की चौड़ाई एकदम घट जाती है तो ज्वार की ऊँचाई उसके मुहाने से उद्गम की ओर बढ़ती जाती है। इस प्रकार ब्रिस्टल की धारा (Bristol Channel) के मुहाने पर ज्वार की ऊँचाई लगभग 18 फुट, स्वान सी (Swan Sea) पर 30 फुट और चेपस्टो (Chepstow) पर करीब 50 फुट होती है। शुष्क महीनों में अर्थात् मार्च से मई के बीच हुगली नदी में ज्वार की ऊँचाई सागर द्वीप पर 11 फुट से 4 फुट, डायमण्ड बन्दरगाह पर 15 से 7 फुट और किडरपुर पर 15 से 7 फुट तक रहती है। लेकिन वर्षा ऋतु के सितम्बर मास में जब नदी में बाढ़ आती है तो ज्वार की ऊँचाई सागर द्वीप पर 18 से 4 फुट, डायमण्ड बन्दरगाह पर 20 से 7 फुट और किडरपुर पर 16 से 4 फुट के बीच रहती है।¹ चीन की बांगट्सी-

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 354

क्याग, ब्रिटेन की सेवर्न, फ्रांस की सीन और दक्षिणी अमरीका की अमेजन नदियों में भी इसी प्रकार की ज्वार-भीति आती है।

ज्वार-भीति के अन्तर्गत ऊँची उठी हुई जल की दीवार बड़ी भयंकर और विनाशकारी होती है। ज्वार-भीति जब वेग से आती है तो लंगर डाले हुए जहाज डोलायमान हो उठते हैं; नावे उलट जाती हैं और जहाजों के मजबूत रस्से भी कच्चे सूत की भाँति टूट जाते हैं। कभी-कभी समूचे जहाज ही नष्ट हो जाते हैं। इस कारण ज्वार-भीति आने के समय जहाजों के लगर ढीले कर दिये जाते हैं। ज्वार-भीति प्रायः दीर्घ ज्वार (spring tide) के समय ही आती है।

ज्वारीय धाराएँ (Tidal Currents)

ज्वार के कारण कभी-कभी तटवर्ती छिछले समुद्रों में ज्वारीय धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। ऐसी धाराएँ मुख्यतः वहाँ जन्म लेती हैं जहाँ खाड़ियाँ (bays) सकीर्ण प्रवेश मार्गों द्वारा खुले समुद्रों के साथ मिलती हैं। ज्वार के समय समुद्रों का जल-तल जिस गति से ऊपर उठता है उस गति से खाड़ियों का जल-तल ऊपर नहीं उठ पाता। अतः दोनों के जल-तल में अन्तर आ जाता है। फलस्वरूप खाड़ी के अन्दर संकीर्ण प्रवेश मार्ग के द्वारा एक तीव्र द्रव-प्रेरित धारा (hydraulic current) पहुँचने लगती है। इसके विपरीत जब समुद्र का तल गिरकर नीचा हो जाता है तो खाड़ी का तल ऊँचा बना रहता है जिससे तीव्र द्रव प्रेरित धारा खाड़ी से समुद्र की ओर बहने लग जाती है। उदाहरणतः, एंगलसे (Anglesey) और मुख्य स्थल भाग के बीच मिनाई जल-सन्धि के दोनों ओर उच्च ज्वार का समय भिन्न रहता है, फलस्वरूप वहाँ द्रव-प्रेरित ज्वार-धारा उत्पन्न हो जाती है।

अरुद्ध नदीमुख और पोताश्रयों में आने वाली ज्वार-धाराओं में बड़ा विभेद रहता है। ज्वार-धाराओं की तीव्रता ज्वार-भाटे की प्रकृति और तट की आकृति पर निर्भर करती है। जब ज्वार-भाटे का अन्तर अधिक होता है और खाड़ी की समाकृति अनुकूल होती है तो तीव्र ज्वार-धाराएँ उत्पन्न होती हैं। ऐसी धाराओं की गति 5 से लेकर 10 और कभी-कभी 12 समुद्री मील प्रति घण्टा तक होती है। ऐसी प्रबल धाराओं के कारण नौ-चालन में बाधा पड़ जाती है और जहाजों को पोताश्रय के भीतर अथवा बाहर निकलने में अनुकूल अवस्थाओं के लिए घण्टों प्रतीक्षा करनी पड़ जाती है।¹ ये धाराएँ कभी-कभी उच्च ज्वार आने के तीन घण्टे पूर्व और नीचे ज्वार के तीन घण्टे बाद तक बड़ी तीव्रता से बहती रहती हैं।

सम-ज्वार रेखाएँ (Co-Tidal Lines)

महासागरों में ज्वार-लहर एक समान गति से यात्रा नहीं करती। उसकी यात्रा में जल की विभिन्न गहराई, तलों के साथ घर्षण (friction) तथा ऐसे ही अन्य कारणों से रुकावट पैदा हो जाती है। यद्यपि ज्वार-लहर की गति एक स्थान से दूसरे स्थान को परिवर्तित हो जाती है, परन्तु अधिकतर स्थानों पर उच्च ज्वार का समय एक ही रहता है। यदि हम मानचित्र में उन समस्त स्थानों को एक रेखा द्वारा मिला दें जहाँ उच्च ज्वार एक ही समय आता है तो वह सम-ज्वार रेखा बन जायगी। एक ही स्थान पर आने वाले ज्वार को बताने वाली रेखा सम-ज्वार रेखा (Co-tidal line) कहलाती है। यदि कोई प्रमुख तरंग दक्षिण हिन्द महासागर के बीच वारह बजे दोपहर को आरम्भ होती है तो यह लहर मेडागास्कर और मालदीप समूह पर लगभग आठ घण्टे बाद पहुँचती है। फिर यह अन्ध महासागर में पहुँचकर अन्य लहर से मिल जाती है और ब्रिटिश द्वीपसमूह को दूसरे दिन मध्याह्न को पहुँचती है। प्रशान्त महासागर में उठे ज्वार से भी यह 12 घण्टे बाद जाकर मिलती है।

1 A. N. Straplar : *Physical Geography*, p. 79

ज्वार-भाटे का मानव-जीवन पर प्रभाव

ज्वार-भाटे का मानव-जीवन पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। वर्तमान समय में अन्तरराष्ट्रीय व्यापार लोगों की आवश्यकताओं को पूरा करने तथा अपनी जीविका चलाने का मुख्य साधन है। यह व्यापार समुद्र द्वारा ही सम्भव हुआ है। बड़े-बड़े जहाज समुद्र द्वारा एक देश का माल दूसरे देश को पहुँचाते हैं। परन्तु ये जहाज केवल उन्हीं बन्दरगाहों में ठहर सकते हैं जहाँ समुद्र काफी गहरा हो। इस दृष्टि से ससार के अधिकतम बन्दरगाह अयोग्य हैं। किन्तु ज्वार-भाटे के कारण उनकी यह अयोग्यता दूर हो गयी है। ज्वार के समय छिछले बन्दरगाहों में गहराई बढ़ जाती है, अतः ज्वार के साथ-साथ जहाज बड़े-बड़े बन्दरगाह में प्रवेश कर भाटे के साथ पुनः बाहर आ जाते हैं। इस दृष्टि से उथले समुद्रों, खाड़ियों और मुहानों पर स्थित बन्दरगाहों के लिए ज्वार-भाटा बड़ा लाभप्रद सिद्ध हुआ है। दूसरे रूप में ज्वार-भाटा अन्तरराष्ट्रीय व्यापार को सरल, सुगम और नित्य बनाये रखने का अनुपम माध्यम है।

ज्वार-भाटे के कारण समुद्र में निरन्तर एक हलचल रहती है। इस हलचल के कारण नदियों का स्वच्छ मीठा जल और समुद्र का खारा जल आपस में मिलते रहते हैं। मीठे और खारे जल का यह संयोग बर्फ को गलाने में सहायक होता है। शीतोष्ण प्रदेशों के बन्दरगाह ज्वार-भाटे के कारण हिम के दूषित प्रभाव से बचे रहते हैं।

ज्वार-भाटे में वेग के साथ-साथ एक बड़ी शक्ति निहित होती है। इस शक्ति के द्वारा यह नदियों के मुहानों और बन्दरगाहों के समीप कभी भी मिट्टी अथवा कूड़ा-करकट जमा नहीं होने देता। नदियों द्वारा लायी हुई समस्त मिट्टी और कूड़ा बन्दरगाहों के समीपस्थ भागों से बहाकर समुद्र में दूर पहुँचा देता है, जिससे नदियों के मुहाने और बन्दरगाह स्वच्छ और व्यापार के योग्य बने रहते हैं।

वर्तमान समय में ज्वार-भाटे से शक्ति भी उत्पन्न की जाती है। ज्वार की हिलोर में एक असीम शक्ति विद्यमान रहती है। इस शक्ति का उपयोग करने के लिए फ्रांस तथा संयुक्त राज्य अमरीका में प्रयत्न किये गये हैं।

यह समझना गलत है कि ज्वार से केवल लाभ ही लाभ होते हैं। ज्वार-भाटे के कारण कभी-कभी बड़ी भारी क्षति उठानी पड़ती है। कई बार समुद्र में ज्वार के कारण तेज धाराएँ और छिछले स्थानों पर ज्वार-भक्तियाँ उत्पन्न हो जाती हैं। ज्वार की ये धाराएँ और भक्तियाँ जहाजों के लिए बड़ी खतरनाक सिद्ध होती हैं। ये जहाजों को अपने मार्ग से पथभ्रष्ट कर उन्हें उलट देती हैं, जिससे केवल जहाज ही नहीं डूब जाते बल्कि बड़ी संख्या में धन-जन की भी क्षति होती है।

ज्वार-भाटा अपने नियमित क्रम के कारण सागर तट की चट्टानों को निरन्तर घिसता रहता है और इस प्रकार तट की आकृति में परिवर्तन कर देता है। ज्वार-लहरों के अपरदन के कारण समुद्रतट पर कहीं कन्दराएँ और कहीं मेहराब बन जाते हैं। ज्वार-भाटा कई स्थानों पर छोटे-छोटे कंकड़ जमाकर शैल-पुलिन (Rock Beach) और कई स्थानों पर बालू जमा कर बालू-पुलिन (Sand Beach) का निर्माण करता है।

ज्वार-भाटा सदा ही आदर्श बन्दरगाहों को जन्म देता है। अतएव जिन समुद्रों और नदियों के मुहानों पर नियमित रूप से ज्वार-भाटा आता रहता है, वह सदैव उत्तम बन्दरगाह पाये जाते हैं; जैसे गंगा, राइन, इरावदी, एल्ब, थेम्स और दजला आदि नदियों के मुहानों पर ज्वार-भाटे के कारण ही उत्तम बन्दरगाह स्थित हैं। इसके विपरीत, भूमध्य सागर में गिरने वाली नदियों—नील, पो, रोन आदि—के मुहानों पर कोई भी अच्छा बन्दरगाह नहीं है, क्योंकि भूमध्य-सागर स्थल-से आवद्ध होने के कारण ज्वार-भाटे के प्रभाव से मुक्त है।

23

प्रवाल भित्तियाँ एवं द्वीप

(CORAL REEFS AND ISLANDS)

समुद्र में अनेक प्रकार के जीव पाये जाते हैं। इन जीवों में प्रवाल या मूंगा अपनी विचित्रता के कारण भूगोलवेत्ताओं के अध्ययन के लिए आकर्षक विषय है। प्रवाल उष्ण समुद्रों का जीव है। इसका अंग अत्यन्त कोमल और स्पंज के समान होता है। अपने कोमल शरीर की रक्षा हेतु यह समुद्र-जल से चूना लेकर कठोर घरोदे की रचना करता है। प्रवाल जीवों की यह प्रवृत्ति समुद्र में एक ऐसे रूप की सृष्टि करती है जिसका हमें प्रवाल भित्ति के रूप में बोध होता है। प्रवाल भित्ति की रचना केवल विलक्षण ही नहीं, अपितु चकित करने वाली होती है। यह बात सहज ही बुद्धिग्राह्य नहीं हो पाती कि एक छोटा-सा कीड़ा किस प्रकार ऐसी विशाल भित्तियों की रचना कर पाता है। बात यह है कि प्रवाल समुद्र से जो चूना ग्रहण करता है, उसका रस तैयार कर अपने शरीर के निचले भाग के चारों ओर एक आवरण बना लेता है। यह आवरण धीरे-धीरे सख्त घरोदे का रूप ले लेता है जिसमें कि वह आराम से रहता है। परन्तु ज्योंही वह मरता है त्योंही दूसरा उसके शरीर पर जम जाता है और अपना नया घरोदा बनाने में रत हो जाता है। यही क्रम बराबर चलता रहता है और तब तक समाप्त नहीं होता जब तक कि मृत मूंगों के शरीर से बनी भित्ति समुद्र की सतह तक नहीं पहुँच जाती। इस प्रकार प्रवाल अपने शरीर के ढाँचों से समुद्र में एक नवीन रूप को जन्म देते हैं। प्रवाल द्वारा रचित यह नवीन रूप ही **प्रवाल भित्तियाँ** (Coral reefs) कहलाती हैं।

प्रवाल पानी का जीव है। पानी के बाहर उसका जीवन सम्भव नहीं है। अतः प्रवाल भित्तियों की रचना भी समुद्री सतह से नीचे ही होती है। समुद्र की सतह से ऊपर केवल वे ही प्रवाल भित्तियाँ हैं जो ज्वालामुखी के प्रभाव से अथवा पृथ्वी के आन्तरिक परिवर्तनों द्वारा ऊपर उठ गयी हैं।

प्रवाल जीवों का स्थान

प्रवाल उष्णताप्रिय जीव है। अतः उष्ण समुद्र ही इनके घर हैं। उष्ण कटिबन्धों के समुद्रों में यह बड़ी तेजी से बढ़ते हैं। इसलिए संसार की समस्त प्रवाल भित्तियाँ साधारणतः 30° उत्तरी अक्षांश और 30° दक्षिणी अक्षांश के बीच ही स्थित हैं। प्रशान्त महासागर और हिन्द महासागर इनके प्रमुख घर हैं। अन्ध महासागर में भी ये बहुलता से पायी जाती हैं। इसके अतिरिक्त ब्राजील के समुद्रतट से कुछ दूर तथा पश्चिमी द्वीपसमूहों में भी मिलती है। यही नहीं, उत्तरी समुद्रों और गहरे पानी में भी प्रवाल विद्यमान रहते हैं, किन्तु वहाँ वे किसी विशेष रूप की रचना नहीं कर पाते। इसका मूल कारण यह है कि वहाँ उनके विकास के उपयुक्त तापमान का अभाव पाया जाता है।

प्रवाल भित्तियों की रचना के लिए आवश्यक बात

प्रवाल भित्तियों की रचना हेतु निम्न बातें आवश्यक हैं :

(क) प्रवाल सदा उपयुक्त तापमान में ही बढ़ते हैं। अतः समुद्र-जल का तापमान 70° फा० के लगभग होना चाहिए। ऐसा तापमान उष्ण कटिबन्ध में महाद्वीपों के पूर्वी-तट के समीप, जहाँ हवाएँ समुद्र से स्थल की ओर प्रवाहित होती हैं, पाया जाता है। इसलिए प्रवाल भित्तियाँ भी अधिकांशतः महाद्वीपों के पूर्वी-तटों पर ही पायी जाती हैं। महाद्वीपों के पश्चिमी-तटों पर तापमान अपेक्षाकृत कम रहता है, क्योंकि हवाएँ स्थल से समुद्र की ओर प्रवाहित होती हैं। इसलिए महाद्वीपों के पश्चिमी-तटों पर प्रवाल भित्तियाँ कम मिलती हैं।

(ख) प्रवाल के विकास के लिए सदा खारे पानी की आवश्यकता होती है। स्वच्छ ताजा पानी इसकी वृद्धि के लिए अहितकर होता है। अतः वह स्थान नदियों द्वारा लाये हुए स्वच्छ पानी से दूर होना चाहिए। कैल्शियम कार्बोनेट (जो कि समुद्रजल और गरम धाराओं में पर्याप्त मात्रा में उपलब्ध रहता है) प्रवाल का मुख्य भोजन है। नदियों के ताजा जल में इसका अभाव होता है। अतः समुद्र में जितनी दूर तक नदियों के स्वच्छ जल का प्रभाव रहता है, भित्तियों की रचना सम्भव नहीं होती। यही कारण है कि आस्ट्रेलिया की मूंगे की दीवार तट से लगभग 10 मील दूर है। इस दीवार पर जहाँ कहीं नदियों के मीठे पानी का प्रभाव पहुँच गया है वहाँ दीवार टूटी हुई है। दीवार के टूटे हुए भागों से ही जहाज महाद्वीप के किनारे तक पहुँचते हैं।

(ग) प्रवाल के विकास में पानी में घुला कीचड़ या मिट्टी हानिकारक होती है, क्योंकि अधिक मिट्टी और कीचड़ के निक्षेप से प्रवाल की वृद्धि रुक जाती है। इसकी वृद्धि के लिए स्वच्छ जल की आवश्यकता होती है। इस कारण नदियों के मुहानों तथा उन स्थानों पर जहाँ लहरों द्वारा मिट्टी और कीचड़ पानी में मिलता रहता है, प्रवाल का विकास असम्भव होता है। अतः जल का इससे मुक्त होना अति आवश्यक है।

(घ) छिछले समुद्र प्रवाल जीवों के लिए उत्तम स्थान होते हैं। अधिक गहराई पर पानी का तापमान घट जाता है जो उनके जीवित रहने की अवस्था के प्रतिकूल सिद्ध होता है। इसलिए प्रवाल सदा 30 से 50 फीट गहराई तक मिलते हैं। इससे अधिक गहराई पर भित्तियों की रचना सम्भव नहीं होती। परन्तु कहीं-कहीं महासागरों के बीच भिन्न आकार की प्रवाल भित्तियाँ इतनी अधिक गहराई पर पायी जाती हैं, जहाँ उनका जीवित रहना भी सम्भव नहीं होता। यह एक बड़ी ही विचित्र बात है। प्रवाल द्वीपों से सम्बन्धित यह एक ऐसी समस्या है जिस पर आज भी कोई एकमत नहीं है।

प्रवाल भित्तियों के प्रकार

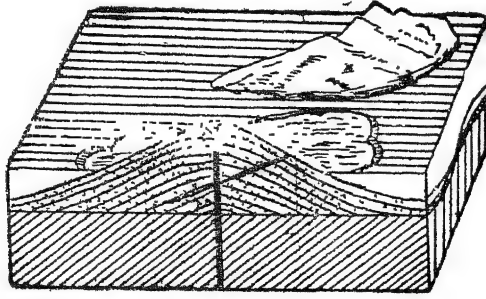
रचनाक्रम और आकृति के अनुसार प्रवाल भित्तियाँ निम्न प्रकार की होती हैं :

- (1) तटीय प्रवाल भित्ति (Fringing Reef),
- (2) अवरोधक प्रवाल भित्ति (Barrier Reef),
- (3) वलयकार प्रवाल भित्ति (Atoll)।

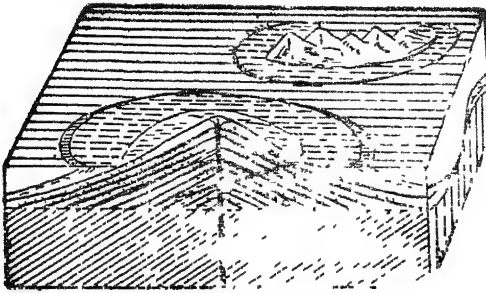
(1) तटीय प्रवाल भित्ति (Fringing Reef)—जो भित्ति किसी महाद्वीप अथवा द्वीप के बिलकुल निकट बनी हुई हो वह तटीय प्रवाल भित्ति कहलाती है। ऐसी भित्तियों की रचना समुद्र की नीची जल-सीमा तक सीमित रहती है। अतः ये सदैव जलमग्न रहती हैं। इनका ऊपरी भाग असमान तथा ऊबड़-खाबड़ होता है। इन भित्तियों का प्रसार बाहर की ओर शीघ्र और अधिक होता है जिससे बाह्य भाग समुद्र की सतह के निकट पहले पहुँच जाता है। ऐसी अवस्था में प्रवाल भित्ति और तट के बीच सूँकरा और उथला अनूप बन जाता है। इस अनूप में प्रवाल

जीव नहीं रहते हैं, क्योंकि यहाँ इनको भोजन-सामग्री प्राप्त नहीं होती। भित्ति का ढाल समुद्र की ओर तीव्र एवं स्थल की ओर मन्द रहता है। फ्लोरिडा, अण्डमान व निकोबार द्वीप के निकट ऐसी भित्तियाँ देखी जाती हैं।

(2) अवरोधक प्रवाल भित्ति (Barrier Reef)—जो प्रवाल समुद्रतट से कुछ दूर हटकर बनी होती है, उसे अवरोधक प्रवाल भित्ति कहते हैं। ये तट के समान्तर काफी लम्बाई में एक भित्ति के रूप में बनी होती हैं। चौड़ाई में भी ये बहुत होती हैं। इनकी चौड़ाई 1000 फुट तक हो सकती है। इनके बीच अनेक घाटियाँ भी हो सकती हैं। इन भित्तियों और तट के मध्य चौड़े तथा गहरे अनूप होते हैं। कभी-कभी ये अनूप तीन-चार मील तक चौड़े तथा 250 फुट तक गहरे भी देखे जाते हैं। इन भित्तियों का प्रसार बाहर की ओर अधिक नहीं होता। कभी-कभी एक भित्ति के सहारे दूसरी भित्ति भी बन जाती है। जब कभी ये समुद्र-जल की सतह से ऊपर उठ जाती हैं तो बाहर दृष्टिगोचर होने लगती हैं। विद्वानों की मान्यता है कि इन भित्तियों की रचना निम्न आधार पर हुई है या इनके



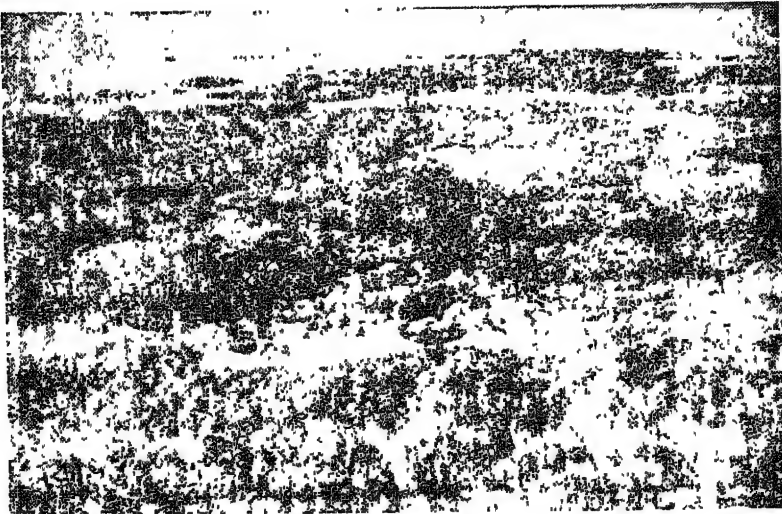
चित्र 202—तटीय प्रवाल भित्ति



चित्र 203—अवरोधक प्रवाल भित्ति

निर्माण के बाद समुद्र की गहराई बढ़ गयी है।

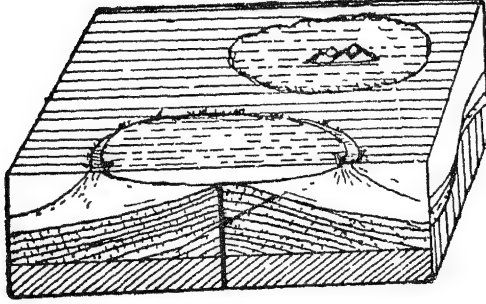
संसार में अवरोधक प्रवाल भित्तियाँ कई स्थानों पर मिलती हैं। सबसे बड़ी अवरोधक भित्ति



चित्र 204—ग्रेट बैरियर रीफ (ऑस्ट्रेलिया)

ऑस्ट्रेलिया के पूर्वी-तट के समान्तर फैली हुई है, जो महान अवरोधक प्रवाल भित्ति (Great Barrier Reef) के नाम से प्रसिद्ध है। यह अवरोधक भित्ति लगभग 1200 मील लम्बी और 10 से 90 मील तक चौड़ी है। उत्तर की ओर यह तट से 50 मील और दक्षिण में 150 मील की दूरी पर पायी जाती है। यह भित्ति अनेक स्थानों पर खण्डित है और केवल नीचे ज्वार (Low tide) के समय ही दृष्टिगोचर होती है। न्यू कैलीडोनियन भित्ति दूसरी बड़ी भित्ति है।

(3) वलयाकार प्रवाल भित्ति (Atoll)—जिन प्रवाल भित्तियों की रचना कुण्डलाकार



चित्र 205—वलयाकार प्रवाल भित्ति

है, जिससे समुद्र का जल बराबर अनूप में प्रवेश करता रहता है। बिकनी द्वीप इस प्रकार की भित्ति का उत्तम उदाहरण है।

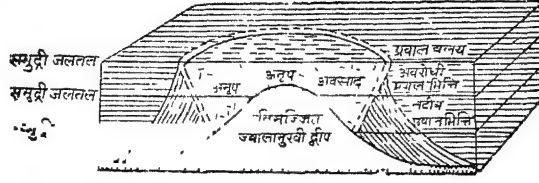
प्रवाल भित्तियों की रचना

समस्त प्रवाल भित्तियों की रचना समुद्र में बसने वाले प्रवाल तथा अन्य जीवों, जैसे—फोरा मिनीफरा और कलकेरियस एल्गी आदि के सहयोग से होती है। ये कीड़े किसी महाद्वीप या द्वीप के निकटवर्ती छिछले समुद्र-तल पर ही ऐसी भित्तियों की आधारशिला रखते हैं। बाद में प्रवाल धीरे-धीरे बढ़ते जाते हैं और तट से बाह्य भाग की ओर समुद्र में फैल जाते हैं। परन्तु सामान्यतः 30 फीट गहराई से आगे नहीं बढ़ते। प्रवाल जीवों का ढेर शनैः-शनैः ऊपर भी उठता रहता है और तब तक उठता रहता है जब तक कि वह समुद्र की नीची जल-सीमा को नहीं छू लेता। इस तरह समुद्र में प्रवाल जीवों द्वारा एक वेदिका (platform) का निर्माण हो जाता है जो 30 फीट गहराई के बीच समाप्त हो जाती है। वेदिका का ऊपरी सिरा इसी गहराई से ऊपर उठता है। प्रवाल द्वीप के अन्तःभाग की अपेक्षा बाह्य भाग की ओर प्रवाल जीवों का विकास बड़ी स्वतन्त्र गति और शीघ्रता से होता है, क्योंकि वहाँ उनके अधिक अनुकूल अवस्थाएँ प्राप्त होती हैं। इस कारण प्रवाल भित्ति का बाह्य भाग शीघ्रता से ऊपर उठ आता है और समुद्री सतह को छू लेता है। इससे भूमि-तट और वेदिका के बीच एक अनूप का निर्माण हो जाता है।

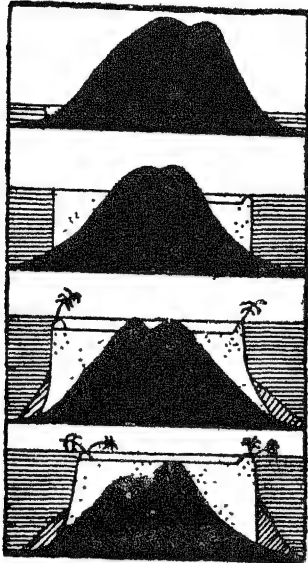
उपरोक्त रचना-क्रिया तटीय प्रवाल भित्ति के सम्बन्ध में ही सही ठहरती है। जहाँ तक अवरोधक भित्ति और वलयाकार प्रवाल भित्तियों का सम्बन्ध है, उनका निर्माण समुद्र की उस गहराई से होता है, जहाँ प्रवाल कीड़ों का जीवित रहना भी सम्भव नहीं होता। अतएव इनकी रचना के दो कारण सम्भव हो सकते हैं—(1) इन भित्तियों का आधार (foundations) प्रवाल जीवों द्वारा निर्मित नहीं है, अथवा (2) इन भित्तियों की रचना के बाद समुद्र गहरा हो गया है। इन दोनों ही सम्भावनाओं को विद्वानों का समर्थन प्राप्त है। अतः यह सम्भावित है कि दोनों ही सच हों। कुछ प्रवाल भित्तियाँ (Coral reefs) प्रथम सम्भावना के अनुसार बनी हों और कुछ द्वितीय सम्भावना के आधार पर।

प्रवाल भित्तियों की रचना के सम्बन्ध में कुछ विद्वानों के मत आगे दिये जा रहे हैं :

(1) **डार्विन की साध्य (Darwin's Theory)**—चार्ल्स डार्विन के मतानुसार इन भित्तियों की रचना भूमि-तल अथवा समुद्र-तल के नीचे खिसक जाने के कारण होती है। उसकी मान्यता है कि समस्त प्रवाल रचनाएँ प्रारम्भ में तटीय प्रवाल भित्ति के रूप में होती हैं और जब तक भूमि और समुद्र के सापेक्षिक तल (relative level) में कोई अन्तर नहीं आता, भित्ति का निर्माण उसी रूप में होता रहता है। किन्तु ज्योंही भूमि और समुद्र के तल में अन्तर उपस्थित होता है, भित्ति जल के भीतर डूबने लगती है। ऐसी अवस्था में प्रवाल जीव पुन ऊपर की ओर बढ़ने लगते हैं और धीरे-धीरे समुद्र-तल को छू लेते हैं। प्रवाल जीव प्रवाल भित्ति के बाह्य भाग की ओर ही शीघ्रता से बढ़ते हैं। भीतरी भाग की ओर उनका विकास बहुत ही क्रमिक (gradual) होता है। इससे यह बात स्पष्ट हो जाती है कि प्रवाल भित्ति का केवल बाहरी भाग ही समुद्र-तल के नीचे घँसने की क्रिया के साथ अपने ऊपर उठने की क्रिया को बराबर बनाये रख सकता है। भीतरी भाग अपनी मन्द गति के कारण समुद्र-जल से सराबोर हो जाता है। इस प्रकार भूमि-तट और भित्ति के बीच अनूप (Lagoon) का निर्माण हो जाता है। ज्यों-ज्यों भूमि के नीचे खिसकने की क्रिया बढ़ती जाती है, अनूप अधिकाधिक गहरे और चौड़े होते जाते हैं। यही क्रिया जब निरन्तर चलती रहती है तो समय पाकर तटीय भित्ति (Fringing reef) तट से दूर हट जाती है और एक दीवार का रूप ले लेती है। इसी दीवार को अवरोधक प्रवाल भित्ति (Barrier Reef) कहा जाता है। कभी-कभी तटीय प्रवाल भित्ति का निर्माण किसी द्वीप के निकट होता है और वह द्वीप समय के साथ-साथ बिलकुल ही नीचे घँस जाता है। ऐसी अवस्था में केवल कुण्डलाकार प्रवाल भित्ति ही शेष रह जाती है जिसके बीच में एक अनूप बना होता है। यही कुण्डलाकार आकृति वलयाकार प्रवाल भित्ति (Atoll) कहलाती है। डार्विन का यह भी मत है कि यदि उचित गहराई वाला जलमग्न क्रेटर प्रवाल जीवों द्वारा ढक गया है तो वह भी वलयाकार प्रवाल भित्ति के अनुरूप ही दिखाई



चित्र 206—डार्विन के अनुसार तटीय, अवरोधक एवं वलयाकार प्रवाल भित्ति की रचना

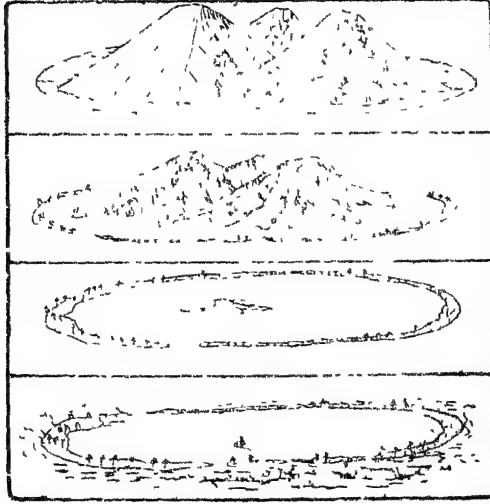


चित्र 207—डार्विन के अनुसार पड़ेगा।

एटोल रचना

डार्विन की निमज्जन साध्य (Subsidence Hypothesis) का डाना नामक भू-गर्भ-शास्त्री ने भी समर्थन किया है। अपनी खोजों के आधार पर वह भी लगभग उसी निष्कर्ष पर पहुँचा। लेकिन उसने एक बात की ओर विशेष सकेत किया है जो डार्विन के ध्यान में नहीं आयी थी। आजकल सभी इसको स्वीकार करते हैं कि डूबी हुई घाटियाँ (downward valleys) घँसाव (subsidence) का प्रतीक हैं। अतः उसने प्रशान्त महासागर के द्वीपों की घाटियों का धरातली अनाच्छादन (Sub-aerial denudation) द्वारा और समुद्रतटीय खाड़ियों (Shoreline embayments) का निमज्जन द्वारा स्पष्टीकरण किया। डाना

ने इसको सही प्रमाणित करने के लिए और भी कई प्रमाण प्रस्तुत किये हैं। किन्तु वह स्वयं अपने मत का भली प्रकार प्रतिपादन न कर सका। डाना के इन्हीं प्रयत्नों से निमज्जन का माध्य (Subsidence Theory) डार्विन और डाना दोनों के नाम से प्रसिद्ध है।



चित्र 208—डार्विन तथा डाना के अनुसार वलयाकार प्रवाल भित्ति की उत्पत्ति के विभिन्न चरण वर्तमान आकार बन जाते हैं। परन्तु भूमि का यह धँसाव भित्ति के ऊपर उठने की गति से अधिक तेज नहीं होता।

डेविस का कहना है कि उपरोक्त साध्य से निम्न बातें प्रकट होती हैं।

(1) अवरोधक प्रवाल भित्ति और वलयाकार प्रवाल भित्ति की रचना वही सम्भव हो सकती है जहाँ पर भूमि नीचे की ओर धँसती रही हो—चाहे भूमि का यह धँसाव काफी धीमा, परन्तु लगातार और क्रम रूप से हुआ हो।

(2) प्रवाल भित्तियों की रचना भूमि-तल के निकट ही होती है तथा भूमि तल के निरन्तर नीचे धँसते रहने से ही

(3) प्रवाल भित्तियों के बीच बने अनूप समावृत्त भाग (enclosed area) होते हैं, जिनकी गहराई साधारण और नितल समतल (smooth) होते हैं।

(4) डार्विन के अनुसार तटीय, अवरोधक और वलयाकार प्रवाल भित्तियाँ विकास की भिन्न-भिन्न अवस्थाएँ हैं जो सुगमतापूर्वक एक के बाद दूसरी उत्पन्न होती रहती हैं।

(5) वलयाकार प्रवाल भित्ति की रचना किसी द्वीप के चारों ओर होती है। अतः प्रत्येक वलयाकार प्रवाल भित्ति किसी पूर्व द्वीप की स्थिति को अंकित करती है। इस मत के अनुसार वलयाकार प्रवाल भित्ति के बाहर समुद्र का गहरा होना आवश्यक है, क्योंकि बीच के द्वीप का जब लोप हुआ होगा तो भूमि का धँसाव भी काफी हुआ होगा।

अनुकूल प्रमाण

डार्विन द्वारा प्रतिपादित मत कई प्रमाणों द्वारा सिद्ध होता है :

(1) जिन समुद्रतटों पर अवरोधक प्रवाल भित्तियाँ खड़ी हैं, उन स्थानों पर कई बार देखा गया है कि तट एकदम कटा-फटा है और लहरों के प्रभाव से बनने वाली भूगुओं (cliffs) का तट पर कोई चिह्न नहीं है। यदि कहीं पहले भूगुएँ थी भी तो वे अब निमज्जन के कारण लुप्त हो गयी हैं। तटों पर बनने वाली खाड़ियाँ भी वस्तुतः नदियों के द्वारा बनने वाली घाटियाँ हैं जो निमज्जन के कारण बाद में डूब गयी।

(2) प्रशान्त महासागर में ऐसे कई स्थान मिलते हैं जो जलमग्न वेदिकाओं (sub-marine benches) अथवा समुद्री विक्षेपों के रूप में ऊपर उठे हुए दिखाई देते हैं। ऊपर उठे हुए इन स्थानों पर कोई प्रवाल रचना नहीं दिखाई देती। जिन स्थानों पर प्रवाल रचनाएँ दिखाई पड़ती हैं उनके ऊपर उठने के प्रायः कोई चिह्न दृष्टिगोचर नहीं होते।

(3) ऐसे छोटे-छोटे द्वीप जो प्रवाल भित्तियों द्वारा घिरे हुए हैं और जिनको वलयाकार प्रवाल भित्ति (Atoll) कहना अधिक सही होगा, के किनारे बहुत ही खड़े ढाल वाले हैं। ये ठीक

पहाड़ की चोटियों से मिलते हैं। इन द्वीपों का छोटा रूप निमज्जन द्वारा ही स्पष्ट हो सकता है। यदि इनका निमज्जन नहीं हुआ तो फिर इनका ढाल खड़ा कदापि नहीं हो सकता।

(4) प्रवाह भित्तियों की बड़ी मात्रा में मोटाई भी यही सिद्ध करती है कि वे नीचे धँसते हुए आधार (subsiding foundation) पर बनी हैं। प्रवाल जीव अधिक गहराई में नहीं पनपते। वे अधिक से अधिक 150 फुट की गहराई तक भली प्रकार पनपते हैं। किन्तु कुछ ऐसी वलयाकार प्रवाल भित्तियाँ (Atoll) देखने को मिलती हैं जो समुद्र में 500-600 फुट ऊपर उठी हुई हैं। इसलिए यह निष्कर्ष निकालना अनिवार्य है कि उनका आधार धीरे-धीरे नीचे धँसता रहा है। जितनी शीघ्रता से आधार नीचे धँसता रहा उतनी ही शीघ्रता से ऊपर भित्ति की रचना होती रही।

(5) समुद्र में कई अवरोधक और वलयाकार प्रवाल रचनाएँ स्वयं डूबी हुई पायी जाती हैं। इस बात का पता ध्वनीकरण यन्त्रों द्वारा लगा है। इनसे यह प्रमाणित होता है कि निमज्जन इतनी शीघ्रता से हुआ कि स्वयं भित्तियाँ नीचे बैठ गयी और ऊपर की रचना बन्द हो गयी।

(6) सन् 1947 में बिकनी द्वीप (Bikini Is) में एक वृत्ताकार चट्टान में गहरा छेद करने से प्राप्त प्रवाल के प्राचीन रूपों की खोज यह बताती है कि एक निरन्तर बहुत लम्बा निमज्जन (long continued submergence) सम्पन्न हुआ है।

प्रतिकूल प्रमाण

(1) सामान्यतः डार्विन के विचारों को मानने में कई कठिनाइयाँ हैं। सबसे पहली और बड़ी कठिनाई भूमि-तल के नीचे धँसने के विचार को मानने में ही होती है। यह सम्भव है कि भूमि-तल निरन्तर नीचे खिसकता रहा हो और इस तरह अवरोधक तथा वलयाकार प्रवाल भित्तियों की रचना सम्भव हो गयी हो, किन्तु जिस निमज्जन का अनुमान डार्विन ने किया है उसको मान लेने में थोड़ी शका होती है।

(2) प्रशान्त महासागर में कई वलयाकार रचनाएँ ऐसे स्थानों पर पायी जाती हैं जहाँ निमज्जन के कोई चिह्न प्राप्त नहीं हैं। इसके विपरीत वहाँ उन्मज्जन (elevation) के स्पष्ट कारण मौजूद हैं। पैल्यू द्वीप (Pelew Is) तथा प्रशान्त महासागर के अनेक दूसरे द्वीपसमूहों में प्रवाल रचनाएँ समुद्र-जल की सतह से बाहर निकली हुई हैं। यह इस बात का स्पष्ट प्रमाण है कि वहाँ भूमि निश्चित रूप से ऊपर उठी है।

(3) डार्विन के अनुसार अवरोधक और वलयाकार प्रवाल रचनाओं की गहराई प्रायः दो हजार फुट या अधिक होनी चाहिए। परन्तु मरे के मतानुसार ऐसी प्रवाल रचनाओं का ऊपरी 30 फीट भाग ही प्रवाल द्वारा बना होता है जो वहाँ पाये जाते हैं। यह भी देखा गया है कि कई ऊपर उठी हुई रचनाओं में प्रवाल की मोटाई 200 फुट से अधिक नहीं है। साथ ही यह भी विश्वास किया जाता है कि इनकी यह मोटाई शायद ही कभी बड़ी हो। कई वलयाकार प्रवाल भित्तियाँ समुद्र के ऊपर उठी हुई पायी जाती हैं। इनके परीक्षणों में मालूम हुआ है कि प्रवालों के निक्षेप की गहराई 200 फुट से कम है। सोलोमन द्वीपसमूह में सेण्टअन्ना (Sante Anna) और जावा के दक्षिण में क्रिसमस द्वीप (Christmas Is) इसके ज्वलन्त उदाहरण हैं।

(4) कभी-कभी वलयाकार प्रवाल भित्तियाँ बहुत ही कम गहराई पर पायी जाती हैं। ये जलमग्न पठार के ऊपर खड़ी हुई पायी जाती हैं, न कि नीचे डूबी हुई चोटियों पर।

(5) सोलोमन द्वीपसमूह में कई प्रवाल रचनाएँ ऐसी लाल चिकनी मिट्टी पर स्थित हैं जो सिर्फ महासागरो में बहुत ही गहराई पर पायी जाती हैं। यह उदाहरण भी इस तथ्य को प्रकट करता है कि वहाँ बड़ी मात्रा में उन्मज्जन (elevation) हुआ है।

(2) **मरे की साध्य (Murray's Theory)**—सर जॉन मरे (Sir John Murray) ने भूमि के निमज्जन सम्बन्धी विचार का खण्डन कर नवीन मत का प्रतिपादन किया। उसका मत है कि यदि प्रवाल भित्तियों का निर्माण भूमि के निमज्जन से नहीं हुआ है तो उनका आधार जीवित जीवाणुओं की अपेक्षा मृत जीवाणुओं का बना होना चाहिए। उसके इस विचार का सेम्पर (Semper), अगासीज (Agassiz), वार्टन (Wharton) और गार्डिनर (Gardiner) प्रभृति विद्वानों ने भी समर्थन किया है।

मरे का कहना है कि समय के साथ तटीय प्रवाल भित्तियों का विस्तार प्रारम्भिक 30 फ़ीट सीमा-रेखा से भी आगे सम्भव हो सकता है। क्योंकि 30 फ़ीट सीमा-रेखा तक जब प्रवाल भित्ति का विस्तार हो जाता है तो उससे छोटे-छोटे टुकड़े टूट-टूटकर प्रवाल भित्ति के नीचे जमा होने लगते हैं। इस प्रकार बिना किसी निमज्जन के ही प्रवाल भित्ति का विस्तार गहरे पानी में हो जाता है। किन्तु ऐसी प्रवाल भित्तियों का ऊपरी 30 फ़ीट भाग ही जीवित प्रवाल के द्वारा निर्मित होता है। उसके बाद गहरे पानी में प्रवाल भित्तियों से टूट-टूटकर गिरने वाले पदार्थ का एकत्रित मलबा ही उनका आधार होता है, जो शनैः-शनैः जल के प्रभाव से कड़ा हो जाता है। तत्पश्चात् जैसे-जैसे प्रवाल भित्ति बाहर की ओर बढ़ती जाती है, भीतर की ओर प्रवाल जीव लुप्त होते जाते हैं। बाद में ये मरे हुए प्रवाल जीव जल में घुल जाते हैं। इस प्रकार धीरे-धीरे समुद्र-तट और प्रवाल भित्तियों के बीच एक अनूप बन जाता है जिससे तटीय प्रवाल भित्ति अवरोधक प्रवाल भित्ति में बदल जाती है।

वलयाकार प्रवाल भित्ति के बारे में मरे का विचार यह है कि इनका निर्माण समुद्र में उसकी तली से ऊपर उठे हुए जलमग्न द्वीपों, पठारों, पहाड़ियों, कगारों अथवा वेदिकाओं के ऊपर होता है। समुद्र में उठे हुए इन पठारों और पहाड़ियों की ऊँचाई ऐसी होती है कि उस गहराई पर प्रवाल जीवित रह सके। इन जलमग्न पहाड़ियों, द्वीपों व वेदिकाओं पर प्रवाल अपना शीघ्र प्रभाव जमा लेते हैं और वे ऊपर तथा बाहर की ओर बढ़ने लगते हैं। किन्तु ऐसे स्थानों पर प्रवाल-जीवों का विकास बाहर की ओर ही अधिक होता है। इस कारण वही सर्व प्रथम सतह के समीप पहुँचता है। फिर चूँकि यहाँ प्रवाल भित्ति का ऊपर की ओर विकास चारों ओर से होता है इस कारण वह एक वलयाकार आकार



चित्र 209—मरे के अनुसार एटोल की रचना

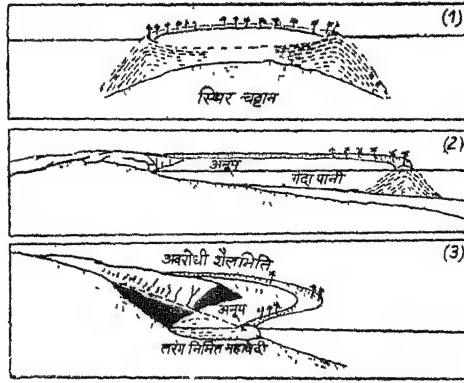
ग्रहण कर लेती है और उसके बीच में एक अनूप स्थित रह जाता है। जब वलयाकार प्रवाल भित्ति इस अवस्था तक पहुँच जाती है तो जीवित प्रवाल केवल समुद्री भाग की ओर ही सीमित रहते हैं। इन प्रवाल भित्तियों के भीतर की ओर मृत प्रवाल (dead corals) के शरीर का ढेर रहता है। जो शनैः-शनैः जल में घुलता रहता है और जिससे अनूप गहरे तथा चौड़े होते रहते हैं। परन्तु प्रवाल भित्ति के बाहर का विकास बराबर बना रहता है। इससे वलयाकार प्रवाल भित्ति का आकार भी समय के साथ बढ़ता रहता है।

अनुकूल प्रमाण

(1) यह निर्विवाद सत्य है कि कई उथले समुद्रों में प्रवाल रचनाएँ जलमग्न पठारों पर पायी जाती हैं।

(2) कई बार परीक्षण द्वारा ज्ञात हुआ है कि प्रवाल की जमाव की गहराई 200 फुट से अधिक नहीं है। सेंट अन्ना और क्रिसमिस द्वीप इसके सुन्दर उदाहरण हैं।

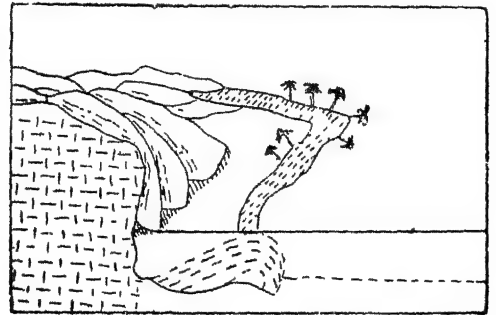
(6) अगासीज (Agassiz) ने भी वलयाकार प्रवाल भित्ति के निर्माण के बारे में मरे



चित्र 210—रेन, वाघन व अगासीज के अनुसार एटोल की रचना

डेली की हिम नियन्त्रण साध्य (Glacial Control Theory of Daly)—जब सन् 1909 में डेली (Daly) ने हवाई द्वीप की प्रवाल रचनाओं का निरीक्षण किया तो उसका ध्यान उनकी सकीर्णता की ओर आकर्षित हुआ। साथ ही साथ वहाँ उसने मोना-की (Monna-kea) में अधिनूतन हिमयुग (Recent glaciation) के चिह्न भी देखे। इससे वह इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि प्रवाल भित्तियों के विकास और तापमान में अवश्य सम्बन्ध होना चाहिए। इसी आधार पर खोज करके उसने बाद में हिम नियन्त्रण साध्य का विकास किया, जिसका कि पूरा विवरण उसने सन् 1915 में प्रकाशित किया।

डेली ने बताया है कि आजकल हवाई द्वीप के समुद्रों में जाड़े का तापमान (winter temperature) प्रवाल जीवों के विकास के लिए आवश्यक तापमान से थोड़ा ही अधिक रहता है। अतः उसने यह अनुमान लगाया कि हिमयुग में यहाँ का तापमान इतना कम रहा होगा कि उसमें प्रवाल जीवों का जीवित रहना सम्भव न हो सका होगा। इस प्रकार वह इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि हवाई द्वीप की प्रवाल रचनाएँ अवश्य ही हिमयुग के बाद की हैं। अब तो प्रायः सभी लोग यह मानते हैं कि अधिनूतन हिमयुग (Pleistocene Ice Age) में महासागरों का तल (Level of Oceans) ऊँचा-नीचा होता रहा है, अतएव सागर तल (ocean surface) के नीचे होने के साथ-साथ समुद्र का तापमान भी कम हुआ होगा, जिसका प्रभाव विश्वव्यापी हुआ होगा। डेली के मतानुसार अधिनूतन हिमयुग में सागर तल 33 से 38 फीट नीचे हो गया था। सागर-तल के नीचे चले जाने से हिमयुग से पूर्व समुद्र में बनी प्रवाल रचनाएँ तथा ज्वालामुखी द्वीप बाहर निकल आये होंगे। समुद्र-जल से ऊपर उठे हुए इन द्वीपों और प्रवाल भित्तियों पर समुद्र लहरों का प्रभाव हुआ होगा। लहरों के अपरदन कार्य से कालान्तर में वे क्रमशः जलमग्न वेदिकाओं में बदल गये होंगे। तदनन्तर जब पुनः धीरे-धीरे तापमान बढ़ा होगा तो हिम टोपियाँ (Ice caps) पिघली



चित्र 211—डेली के अनुसार एटोल की रचना

होंगी, जिससे न केवल समुद्र का तल ही पुनः ऊपर उठा होगा, अपितु जल का तापमान भी बढ़ा होगा। इस प्रकार जो प्रवाल जीव हिमयुग में भी जीवित रह सके होंगे, उन्होंने निम्न तल के अपघर्षण (Low level abration) द्वारा बने जलमग्न वेदिकाओं पर नवीन रचनाओं को जन्म दिया होगा।

डेली ने अपने अध्ययन के आधार पर अन्त में यह निश्चित किया कि धरातल और बलयाकार प्रवाल भित्तियों के अनूपों की गहराई सदा एकसमान होती है। अनूपों के नीचे ठोस चट्टानी वेदिकाएँ क्रमशः 200 से 300 फुट की गहराई पर स्थित होती हैं। उसकी यह भी मान्यता है कि हिमयुग में यह प्रदेश स्थिर रहा होगा। हिमयुग के समय स्थिर द्वीपों का लहरों द्वारा अपरदन होने से ही जलमग्न वेदिकाओं (submarine platforms) का निर्माण हुआ। उसने इस बात पर जोर दिया है कि प्रवाल रचनाओं के ये आधार पूरे हिमयुग तक स्थिर रहने चाहिए जिससे कि अनूपों की गहराई एक समान रह सके।

डेली का हिम नियन्त्रण साध्य वस्तुतः एक ऐसा नवीन और मौलिक साध्य है जो प्रवाल समस्या को भलीभाँति समझने के लिए निम्न-तल के अपघर्षण (low level abration) की एक महत्वपूर्ण युक्ति (criteria) प्रस्तुत करता है।

अनुकूल प्रमाण

(1) इस सिद्धान्त के पक्ष में सबसे प्रबल प्रमाण अनूपों की एकसमान गहराई का पाया जाना है।

(2) बलयाकार प्रवाल भित्तियों का ऊपरी धरातल सदा चपटा होता है जो इस साध्य के अनुकूल ही है। निम्न-तल का अपघर्षण (low level abration) इस सिद्धान्त का आधारभूत तथ्य है। इसके अनुसार प्रवाल भित्ति का धरातल चपटा ही होगा।

(3) हिमयुग में सागर जल के तल (level) का ऊपर उठना और नीचे गिरना एक प्रकट सत्य है।

इस सिद्धान्त को मानने में डेविस ने निम्न आपत्तियाँ उठायी हैं :

(1) डेविस ने सर्वप्रथम अनूपों की एकसमान गहराई के प्रति शका प्रकट की है। उसका कहना है कि एक ही बलयाकार प्रवाल भित्ति के अन्दर गहराई में 120 से 300 फुट तक अन्तर होता देखा जाता है। कुछ छोटी प्रवाल भित्तियों की गहराई 20 फुट ही होती है, जबकि दूसरों की गहराई 300 से 600 फुट तक होती है। फिर कुछ जलमग्न वेदिकाएँ 1000 फुट की गहराई पर पायी जाती हैं।

(2) डेली ने खाड़ियों (inlets) की गहराई नापकर यह अनुमान लगाया कि अधिक से अधिक निमज्जन (subsidence) 270 फुट हुआ है। डेविस ने निमज्जन को नापने की इस विधि का खण्डन किया है, क्योंकि खाड़ियों की गहराई समुद्र से उनकी अन्तिम सीमा तक नहीं नापी गयी (प्रवाल से ढके रहने के कारण)। उसका विचार है कि निमज्जन 270 फुट से कहीं अधिक है।

(3) डेविस की यह भी मान्यता है कि हिमयुग में जब सागर-तल नीचा हुआ होगा तो लहरों के अपरदन के कारण वेदिकाओं का ही नहीं, द्वीपों की भुजाओं के किनारे भृगुओं (sea cliffs) का निर्माण भी अनिवार्य है। परन्तु बहुत ही कम स्थानों पर ऐसा पाया जाता है। अतएव डेविस ने यह निष्कर्ष निकाला कि इस समय में प्रवाल भित्तियों ने ही भूमि की रक्षा की है।

(4) डेली ने उन समुद्री क्षेत्रों की स्थिरता पर बहुत जोर दिया है जहाँ ये प्रवाल भित्तियाँ पायी जाती हैं। इसके विपरीत डेविस ने बताया है कि वर्तमान ज्ञात अस्थिर क्षेत्रों में प्रवाल भित्तियाँ भी साधारणतः एकसमान गहराई पर पायी जाती हैं। इसलिए डेविस ने सामान्य गहराई वाली प्रवाल भित्तियों को स्थिरता के प्रमाण के रूप में उपस्थित करने पर डेली की कड़ी आलोचना की है।

(5) डेविस की साध्य (Theory of Davis)—डाना ने अपने मत की पुष्टि में कटी-फटी तट-रेखाओं (embayed shore lines) के महत्त्व को स्वीकार किया था। किन्तु वह अपने विचारों को पूरी तरह आगे नहीं बढ़ा सका।

प्रथम महायुद्ध के बाद डेविस (Davis) ने प्रवाल रचनाओं की समस्या में रुचि ली और उसने अपनी निरन्तर खोज और अध्ययन के द्वारा इस समस्या (coral reef problem) पर पत्र-पत्रिकाओं में काफी लिखा और प्रकाशित किया। उसका यह सब करने का प्रयोजन डार्विन के निमज्जन साध्य (Subsidence Theory) की साधारण सत्यता को फिर से प्रकट करना था। इस प्रकार डेविस ने कोई नवीन सिद्धान्त या मत का प्रतिपादन नहीं किया, अपितु उसने डार्विन के विचारों को ही आधुनिक भू-आकृति विज्ञान (Physiography) की खोज के प्रकाश में आगे बढ़ाया।

वस्तुतः इस समस्या में कटे-फटे समुद्र-तट (embayed shore lines) का पाया जाना बहुत ही महत्वपूर्ण तथ्य है। लगभग उन सभी तटों पर जहाँ प्रवाल भित्तियाँ पायी जाती हैं, गहरी लम्बी खाडियाँ दिखाई पड़ती हैं। भूमि के निमज्जन की मात्रा का सही ज्ञान वहाँ की चट्टानी दीवारों के झुकाव से मालूम होता है। कोई भी ऐसी साध्य (theory) जो कि स्थिर अवस्थाओं की कल्पना करती है, इन तथ्यों का स्पष्टीकरण नहीं कर सकती किन्तु विशेष अवस्थाओं में ही सम्भवतः भृगुओं (cliffs) का निर्माण हुआ हो। अतः वर्तमान अवस्थाओं में प्रवाल भित्तियों के आधार-निमज्जन (subsidence) के बारे में किसी प्रकार की शंका हो ही नहीं सकती। वर्तमान डूबे हुए तट और भृगुओं (cliffs) का अभाव—जो कि भित्तियों की रक्षा करती है—प्रवाल भित्तियों के आधार के निमज्जन के कारण ही पाये जाते हैं। निमज्जन साध्य (Subsidence Theory) यह भी पूरी तरह स्वीकार करती है कि घँसते हुए भू-खण्ड पर प्रवाल भित्ति का विकास बड़ा ही असुविधाजनक होता होगा।

डेविस ने अन्य स्थान पर यह भी बताने की चेष्टा की है कि महान अवरोधक भित्ति (great barrier reef) का जन्म क्वीन्सलैण्ड तट पर ही ठीक समान्तर भ्रंश (faulting parallel) के ऊपर हुआ है। अतः यह भी एक ध्यान रखने की बात है कि प्रवाल भित्तियाँ भ्रंशन आधारों (faulted foundation) पर भी पनप सकती हैं।

स्थिर साध्यों (standstill theories) को मानने में दूसरी कठिनाई मलबे के निष्क्रमण के बारे में होती है, जो प्रवाल भित्ति और घरातल से अनूप में एकत्रित होता रहता है। यह भी सत्य है कि अनूपों में इस प्रकार के मलबे की अधिकता प्रवाल जीवों की पैदावार के लिए हानिकारक सिद्ध होती है। किन्तु यदि हम निमज्जन को ही मान लेते हैं तो मलबे को एकत्रित होने के लिए बराबर गहराई धारण करती हुई अनूप में काफी स्थान प्राप्त हो जाता है और उस मलबे का प्रवाल अथवा भित्ति पर कोई प्रभाव नहीं होगा।

इस परिकल्पना का सबसे बड़ा गुण इसकी विशालता और विशेष प्रवाल भित्तियों को स्पष्ट करने की क्षमता में निहित है। समस्त प्राचीन मत जिन्होंने स्थिर समुद्र-तल (fixed sea level) की कल्पना की है, कुछ दृष्टियों में अवश्य ही गलत है। यही नहीं, उपरोक्त कारणों से

यह भी स्पष्ट हो जाता है कि वे आधुनिक भू-आकृति विज्ञान के विचारों से काफी दूर है। उनका नवीन विचारों के साथ कोई साम्य नहीं है।

डार्विन की साध्य को भू-आकारों के आधुनिक अध्ययन के प्रभाव में परखकर डेविस ने बड़ा महत्वपूर्ण कार्य सम्पन्न किया है। उसने यह सिद्ध करने के लिए कि अन्य विचारों की तुलना में निमज्जन सम्बन्धी विचार ही अवरोधी और वलयाकार प्रवाल भित्ति को स्पष्ट करने में समर्थ है, कई ठोस प्रमाण प्रस्तुत किये हैं।

फिर भी अभी बहुत कुछ शेष है। समस्त प्रवालियों को स्पष्ट करने के लिए कोई एक मत लागू नहीं हो सकता। इसलिए अलग-अलग और विशेष प्रवाल रचनाओं का विस्तृत अध्ययन आवश्यक है। वर्तमान समय में विद्वानों का मत और उनका झुकाव निमज्जन की साध्य को मान लेने की ओर ही अधिक है। जैसा कि स्टीयर्स ने कहा है, "In mean time the trend of opinion is in favour of subsidence and that is largely due to the reorientation of the problem by W. M. Davis."¹

निष्कर्ष—प्रवाल रचनाओं के विकास के सम्बन्ध में विरोधी प्रमाणों की उपलब्धि के कारण किसी एक स्वीकृत निश्चय पर पहुँचना कठिन है। इतना तो कहा ही जा सकता है कि प्रवाल रचनाओं के भिन्न कारण हैं। कुछ निमज्जन के कारण बनी हैं और कुछ ऐसे स्थानों पर बनी हैं जहाँ भूमि का कोई निमज्जन ही नहीं हुआ है।

इस समस्या का अन्तिम रूप से हल निकालने की आशा में दक्षिण प्रशान्त महासागर के ऐलिस द्वीपसमूह में स्थित फूनाफूटी नामक वलयाकार भित्ति (atoll) से लगभग 1114 फुट गहरा छिद्र किया गया। छिद्र की प्रारम्भिक 150 फुट की गहराई तक फोरेमिनिफेरा (Foraminifera) प्रवाल तथा अन्य जीव पाये गये। 150 फुट से 748 फुट की गहराई तक से प्राप्त पदार्थ अधिक टूटा-फूटा था और उसमें प्रवाल तथा अन्य जीव विद्यमान थे। 748 से 1112 फुट तक गहराई से निकला पदार्थ पूर्व-पदार्थों की भाँति ही था, परन्तु वह थोड़ा कड़ा था। इस प्रकार छिद्र में निकले पदार्थों से यह ज्ञात हुआ कि उसका लगभग समस्त भाग प्रवाल द्वारा बना है। इस तरह प्रयोग द्वारा निकले परिणाम निश्चित रूप से डार्विन की परिकल्पना के ही अधिक अनुकूल है। छिद्र में कहीं से भी ऐसे कोई पदार्थ नहीं निकले जो कि मरे की परिकल्पना को सिद्ध करते हों।

अभी हाल के समय में संयुक्त राज्य अमरीका की सरकार द्वारा बिकनी द्वीप की वलयाकार प्रवाल भित्ति (Bikini Atoll) में उद्‌जन बम (Hydrogen Bomb) के परीक्षण किये गये थे। इन परीक्षणों के परिणामस्वरूप उठी भूकम्प की लहरों के अध्ययन से पता चलता है कि पहले 2000 फुट तक मूँगे की चट्टान का पदार्थ (Reef Material) एकत्रित था। इसके बाद 5500 फुट और 1300 फुट के मध्य टूटे-फूटे ज्वालामुखी पदार्थ अथवा चूने के पत्थर का हो सकता है और सम्भवतः उसका आधार (basement) ज्वालामुखी हो सकता है।

ऊपर दिये गये तथ्यों के आधार पर प्रवाल रचनाओं की उत्पत्ति के बारे में दिये गये साध्यों के विषय में भली-भाँति विचार किया जा सकता है।

प्रवाल भित्तियों का मानव-जीवन पर प्रभाव

यद्यपि प्रवाल भित्तियाँ प्रकृति की एक अद्भुत रचना है और उसकी जानकारी बड़ी ही विस्मयकारी और रुचिकर है, किन्तु मानव उपयोग की दृष्टि से उनका कोई महत्त्व नहीं है। प्रवाल रचनाएँ मानव विकास के लिए बहुत कम अवसर प्रदान करती हैं। ऐसे द्वीपों के निवासी बड़ा ही आरामप्रद और आलसपूर्ण जीवन बिताते हैं। अपनी जंगली अवस्थाओं से आगे नहीं बढ़

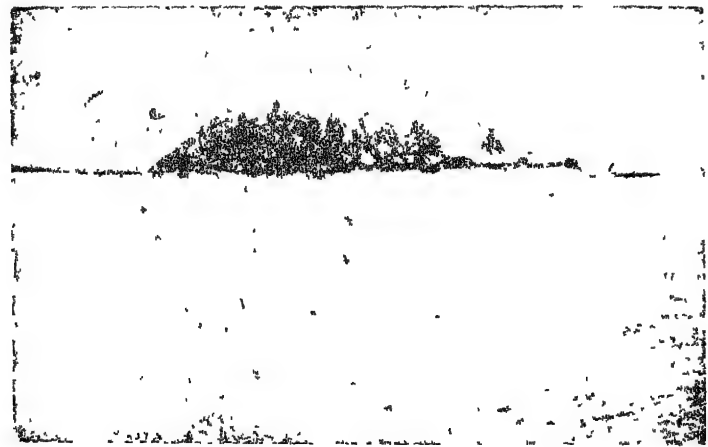
¹ J. A. Steers : *The Unstable Earth*, p. 291

सकते, क्योंकि उनके अपने वातावरण की वे सीमाएँ और विभिन्न आकार तथा पैदावार वाले प्रदेशों की उनसे दूरी उनको किसी के लाभ उठाने का मौका नहीं देती।

समुद्र-जल में प्रवाल भित्तियों की कुछ ही ऊँचाई के कारण उनको हमेशा भूकम्प की लहरों द्वारा द्वीप के पददलित हो जाने का डर रहता है। कभी-कभी खुले समुद्रों से बिना बाधित आने वाले भयंकर तूफानों (हरीकेनों) का भी प्रकोप हो जाता है जिससे भीषण लहरें तटों पर तांडव नृत्य उपस्थित कर देती हैं। तूफान के साथ आने वाली हवाएँ एक के बाद एक नारियल के पेड़ों को घराशायी कर देती हैं जो कि उनके जीवन का एकमात्र अवलम्ब होता है। उनके भोजन तथा छोटी-मोटी अनेक कलात्मक वस्तुओं की आवश्यकताएँ उन्हीं से पूरी होती हैं। इन द्वीपों पर नदी-नाले नहीं होते, अतः उन्हें पीने के पानी का बड़ा भारी कष्ट रहता है। वर्षा का जल ही इनका सहारा रहता है जो कि छोटे-छोटे खड्डों आदि में भर जाता है। परन्तु शुष्क मौसम में फिर जल की बड़ी समस्या खड़ी हो जाती है। बरमूडा (Bermuda) जैसे द्वीपों में जहाँ काफी आबादी है, पानी की बड़ी कठिनाई रहती है। अभी हाल में वहाँ कुछ कुएँ खोदे गये हैं।

यहाँ भूमि पर मिट्टी की बहुत हल्की परत पायी जाती है, अतः मिट्टी में बहुत ही कम उपजाऊ तत्त्व होते हैं। इसलिए भूमि किसी भी उपज के लिए अच्छी नहीं होती। ज्वालामुखी उभाड़ से निकले झामक (pumic) प्रायः तटों पर आकर एकत्रित हो जाते हैं।

कुछ लोगों ने तैरते हुए झामक (pumic) (जो कि प्रायः तटों पर आकर एकत्रित हो जाते हैं) को एकत्रित करना और उनका अपने छोटे खेतों में खाद के रूप में प्रयोग करना सीख लिया है। मछलियों के अवशेष और समुद्री घास (sea weed) का भी इसी तरह प्रयोग होता है और यहाँ केले, टमाटर आदि कुछ फल पैदा हो जाते हैं।



चित्र 212—प्रशान्त महासागर की हो एटोल

कभी-कभी अन्य स्थानों से तैरकर आये हुए पेड़ और लट्ठों के साथ कंकड़, पत्थर लगे रहते हैं। अतः यहाँ के सब निवासी सदा इन तैरती हुई जड़ों और वनस्पति चीजों को ढूँढ़ने में लगे रहते हैं, जिससे वे उन पत्थरों को प्राप्त कर सकें। पत्थरों के द्वारा ये लोग अपने औजार और हथियार बनाते हैं। कुछ द्वीपों में तो ऐसी वस्तुओं की खोज राज्य करने वाले राजा की सम्पत्ति समझी जाती है।¹

¹ A. K. Loback : *Geomorphology*

पशु-पक्षियों में यहाँ चिड़ियाँ बहुत होती हैं। किन्तु भारी-भरकम जन्तुओं का यहाँ पूरा अभाव है। जब तक अन्य स्थानों से आने वाले जहाजों के साथ चूहे आदि न आ गये, यहाँ इनका भी निशान न था। समय-समय पर यहाँ रहने वाले विदेशी लोगों के द्वारा कुछ घरेलू पशुओं का आयात जरूर हुआ है।

प्रशान्त महासागर में पायी जाने वाली प्रवाल रचनाओं में उनकी खोज के समय कुल जनसंख्या एक अच्छे आकार वाले शहर से अधिक न थी और यह जनसंख्या भी संयुक्त राज्य अमेरिका से दुगुने क्षेत्रफल में बिखरी हुई थी और उसमें से शायद आधी भूमि खेती के उपयोग में आती थी। यहाँ पर प्रायः गाँव अनूप के सहारे बसे होते हैं।

संसार की प्रसिद्ध प्रवाल रचनाओं में वेक द्वीप (Wake Island) प्रसिद्ध है। यह द्वीप अन्तर-प्रशान्त हवाई मार्ग (Trans-Pacific air route) का एक महत्वपूर्ण अड्डा भी है।

24

समुद्रतट और तट-रेखाएँ (SEA COAST AND SHORE LINES)

पृथ्वी पर यत्र-तत्र बिखरी हुई प्रकृति की सुरम्य रचनाओं में गिरि-श्रृंगों के बाद विशाल समुद्रों का दृश्य ही अद्वितीय लगता है। किसी समुद्रतट के ऊपर खड़े होकर समुद्र की विशाल जल-राशि को देखकर किसका मन प्रफुल्लित नहीं हो उठता ? किसी भू-प्रदेश के भीतरी भाग में रहने वाले मनुष्यों के लिए तो तट-रेखा एक नवीन ससार को ही खोलकर रख देती है। तट-रेखा से दूर क्षितिज के पार छिपी हुई अनोखी भूमि का नया आश्चर्य आँखों में नाचने लगता है। यही नहीं, तट के ऊपर लहरों के आने-जाने का क्रम और उनका धिरकना तथा ज्वार से जल का ऊपर उठना और नीचे गिरना सब यह सोचने को विवश कर देते हैं कि समुद्र अनादिकाल से—जब से महाद्वीपों और महासागरों का जन्म हुआ—इसी प्रकार उत्ताल तरंगों और ज्वार-भाटों से खेलते रहे हैं। साथ ही क्षितिज के पार तक फैले हुए समुद्र की विशालता अनन्त समय की याद दिला देती है।

अनादिकाल से जहाँ पृथ्वी का स्थल भाग वर्षा और नदियों से आक्रान्त रहा है, वहाँ समुद्रतट समुद्री लहरों से सघर्ष झेलता रहा है। अतः जो कुछ तट-रेखाएँ आज हम देखते हैं, कई भौगोलिक क्रियाओं का प्रतिफल है। समुद्रतटों का जो आकार आज दिखाई देता है, विगत काल में सम्भवतः उनका आकार और ही रहा होगा। वेगनर (Wegner) ने विपरीत महाद्वीपों की तट-रेखाओं को एक-दूसरे के साथ जोड़ने का सफल प्रयास कर उक्त बात को स्पष्ट भी कर दिया है। उदाहरणतः, उसने उत्तरी-पश्चिमी यूरोप के तट को उत्तरी अमरीका के पूर्वी-तट के साथ और भारतीय तट को अफ्रीका के तट के साथ सम्बद्ध होना बताया है। उसका कहना है कि यद्यपि ये तट-रेखाएँ आज एक समान नहीं हैं, परन्तु बीते युग में ये कभी एकसी रही हैं जैसा कि इनके बीच पायी जाने वाली मोटी समानताओं से प्रकट होता है। परन्तु इन तट-रेखाओं के रूप को चूँकि हजारों वर्ष व्यतीत हो चुके हैं, अतः उनके रूप में भारी परिवर्तन हो गया है।

समुद्रतट एवं तट-रेखा

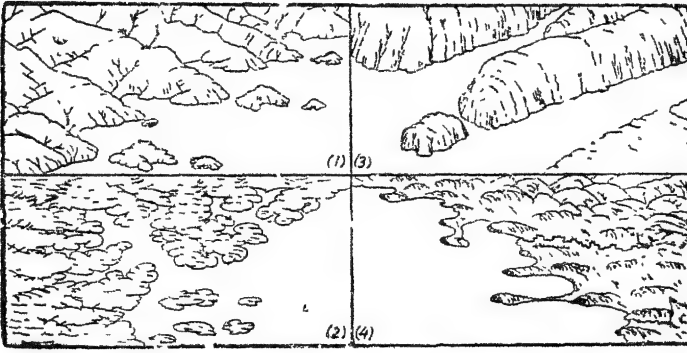
समुद्र और स्थल के बीच सगम-स्थल को समुद्रतट (Sea coast) कहा जाता है। जॉनसन के अनुसार, समुद्रतट उस तटीय क्षेत्र का नाम है जो भूगु (cliff) के पीछे स्थित होता है। तटरेखा (shore-line) समुद्र और स्थल की मिलन-रेखा होती है। अधिकांशतः भूगु-रेखा ही तट-रेखा को बनाती है परन्तु कभी यह उस रेखा द्वारा निर्धारित होती है जहाँ कि प्रचण्ड तूफानी लहरें पहुँचती हैं। तट (shore) के अन्तर्गत वह क्षेत्र आता है जो समुद्र के छिछले भाग से भूगु के आधार तक फैला होता है। सामान्यतः तट के दो भाग किये जाते हैं :

(क) अग्र-तट (Fore-shore)—जो न्यूनतम नीची जल-रेखा (lowest low water line) और औसत ऊँची जल-रेखा (average high water line) के बीच विस्तृत होता है।

(ख) पृष्ठ-तट (Back-shore)—जो ऊँची जल-रेखा (high water line) से तट-रेखा तक फैला होता है।

तट-रेखा का विकास और उसके प्रकार

स्थल के उन्मज्जन (emergence) तथा निमज्जन (submergence) के कारण ही तट-रेखा का आविर्भाव होता है। किन्तु तट-रेखा का स्वरूप अनेक बातों पर निर्भर करता है। तट-भूमि और उसकी शैली की प्रकृति, लहरें, धाराएँ, नदी, हिमनदी एवं वायु आदि वाह्य शक्तियों का प्रभाव, ज्वालामुखी क्रिया, प्रवाल विकास और मानव-कार्य (नदी-मुख को गहरा करना, बन्दरगाह बनाना एवं तट-बॉथ का निर्माण आदि) उनके रूप-विन्यास को प्रभावित करते हैं। तट-रेखा के विकास में समुद्री लहरों एवं जल-स्थल की गति का विशिष्ट हाथ रहता है। इस प्रकार तट-रेखाएँ कई भौगोलिक क्रियाओं का प्रतिफल हैं।



चित्र 213—निमग्न एवं उन्मग्न तट-रेखाएँ

संसार में सर्वत्र तट-रेखाएँ नहीं मिलती। इनके कई भेद हैं। जॉनसन ने उत्पत्ति के आधार पर तट-रेखाओं के निम्न भेद किये हैं :

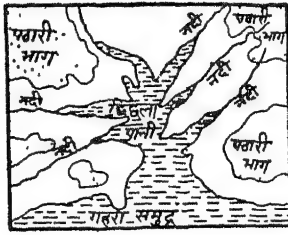
- | | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| (1) उन्मग्न तट-रेखाएँ, | (2) निमग्न तट-रेखाएँ, |
| (3) तटस्थ या नकारात्मक तट-रेखाएँ, | (4) सश्लिष्ट तट-रेखाएँ। |

जॉनसन द्वारा प्रस्तुत उपरोक्त वर्गीकरण अपूर्ण है। ऐसी कई तट-रेखाएँ हैं जिन्हें जॉनसन द्वारा बताये किसी भी प्रकार में सम्मिलित नहीं किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त इसमें कई अन्य दोष भी हैं।

चूँकि तट-रेखाओं के अनेक प्रकार हैं, अतः स्ट्रेलर ने उनकी उत्पत्ति और विकास के आधार पर निम्न भेद किये हैं :

(1) निमग्न तट-रेखाएँ (Shore-lines of Submergence)—ऐसी तट-रेखाएँ किसी भू-भाग के जलमग्न हो जाने से बनती हैं। प्रायः ये तट-रेखाएँ टेढ़ी-मेढ़ी अथवा वक्राकार (curved) होती हैं। भू-प्रदेश का निमज्जन या तो समुद्र-तल में परिवर्तन हो जाने के कारण अथवा भू-गर्भित शक्तियों की हलचल के कारण होता है। भूमि के इस प्रकार निमज्जन से बनी तट-रेखाएँ बहुत ही टेढ़ी-मेढ़ी होती हैं। इनमें नदी-घाटियाँ खाड़ियों में और डूबे हुए पहाड़ी भाग अनुतटीय चट्टानी द्वीपों में बदल जाते हैं। लहरों के क्षयकारी प्रभाव से बाद में इन तट-रेखाओं पर कई रूप उत्पन्न हो जाते हैं।

(क) **रिया-तट (Ria Coast)**—रिया-तट किसी उच्चतटीय भू-प्रदेश के निमज्जन का परिणाम होता है। ऐसे उच्च भू-प्रदेश की नदियाँ एवं पहाड़ियाँ जब समुद्रतट से समकोण के रूप



रिया तट

मे मिलती है तो उनके निमज्जन के फलस्वरूप रिया-तट की रचना होती है। यहाँ निमज्जन से समुद्र का जल नदी-घाटियों में बहुत दूर तक घुस आता है और नदी-घाटियाँ खाड़ियों में बदल जाती है। अतः ऐसी खाड़ियों को जिनकी आकृति कीप (Funnel) के समान होती है अर्थात् जिनकी चौड़ाई और गहराई स्थल की ओर कम होती जाती है, **रिया (Ria)** कहते हैं। ये रिया समुद्र की बाहुओं के रूप में स्थल में घुसे रहते हैं। इनके कारण एक बहुत ही कटे-फटे एवं टेढ़े-मेढ़े तट की रचना होती है। ऐसे तट को ही **रिया-तट (Ria coast)** कहा जाता है। इसके निर्माण में निमज्जन के अतिरिक्त सापेक्षिक समुद्री अपरदन एवं भ्रंश क्रिया का भी योग होता है। उत्तरी-पश्चिमी स्पेन, दक्षिणी-पश्चिमी आयरलैण्ड तथा न्यू इंग्लैण्ड का मेन तट इसके अच्छे उदाहरण हैं। इंग्लैण्ड का कार्नवाल प्रदेश, बाल्टिक सागर तथा उत्तरी सागर के तट भी ऐसे ही हैं। ये तट समुद्र की ओर क्रमशः ढालू होते हैं। अतः ऐसे तटों पर समुद्र से स्थल भागों तक पहुँचना सरल होता है। यही कारण है कि ऐसे समुद्रतटों पर नदियों की एस्चुअरी पर उत्तम बन्दरगाह बन जाते हैं। इंग्लैण्ड का प्रसिद्ध लन्दन बन्दरगाह थेम्स नदी की एस्चुअरी पर स्थित है।

(ख) **फियोर्ड तट (Fjord Coast)**—ऐसे उच्च भू-भागों (high lands) में जहाँ पहले हिमनदियाँ बहती रही हो और बाद में वे घाटियाँ जलमग्न हो गयी हो वहाँ फियोर्ड तट की रचना होती है। हिमनदियों की घाटियाँ प्रायः लम्बी और बहुत कम टेढ़ी-मेढ़ी होती हैं। घाटी का गहरा अपरदन होने से इसकी दीवारें सपाट और तीव्र ढाल वाली होती हैं। ऐसी हिमनदी घाटियों के जलमग्न हो जाने पर तट पर असाधारण रूप से लम्बी, सकीर्ण और ऊँचे कगारों वाली गहरी खाड़ियाँ बन जाती हैं। तट-भूमि में घुसी हुई समुद्र की ऐसी लम्बी बाहुओं (arms) को **फियोर्ड (Fjord)** कहा जाता है। ये फियोर्ड गहरी हिम-द्रोणियों (glacial troughs) के निमज्जन के कारण बनते हैं, इसलिए इनमें प्रायः हिमनदी घाटियों की सभी विशेषताएँ पायी जाती हैं। इनकी आकृति अंग्रेजी के यू (U) अक्षर के समान होती है तथा इनमें लटकती घाटियाँ और रुण्डित पर्वत स्कन्ध (truncated spur) पाये जाते हैं। फियोर्ड की तली प्रायः समुद्र की तली से कुछ अधिक गहरी होती है। फियोर्ड की अनेक शाखाएँ होती हैं जो समकोण बनाती हुई मिलती हैं। फियोर्ड और उनकी शाखाओं की साधारण रूपरेखा चतुर्भुजाकार होती है। ऐसे फियोर्ड नॉर्वे तट पर अधिक मिलते हैं। यहाँ स्केण्डिनेविया के प्राचीन पठार पर हिम के अपरदन की अधिकता से स्कॉटलैण्ड की तुलना में अधिक गहरे और तीव्र ढालयुक्त फियोर्ड मिलते हैं। जैसे नार्वे का प्रसिद्ध **सोगने (Sogne)** फियोर्ड 5,000 फुट ऊँचे जोस्टेडेल्सब्रेयन पठार से 28° से 34° ढाल के साथ समुद्र-तल से 3,000 फुट नीचे तक चला गया है। इसकी एक **नियरो** फियोर्ड शाखा निरन्तर 50° से अधिक ढाल रखती है। सोगने फियोर्ड 100 मील लम्बा और 3 मील चौड़ा है। इसकी गहराई कहीं-कहीं 4,000 फुट तक नापी गयी है। ट्रोण्डहीम (Trondheim) 75 मील, चित्र 215—फियोर्ड तट हारडंगर (Hardanger) 70 मील और सोर (Sor) 23 मील, नॉर्वे के अन्य प्रसिद्ध फियोर्ड हैं।¹



फियोर्ड तट

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 255

साधारणतः प्रत्येक फियोर्ड के मुहाने पर प्रवेश-द्वार (threshold) मिलता है। यह प्रवेश-द्वार ठोस चट्टानों का बना होता है और जिस पर कभी-कभी हिमनिक्षेपित रोड (dibut) बिछे होते हैं। स्कॉटलैण्ड के तट पर बनी कई खाडियाँ (lochs) इस रूप को प्रकट करती हैं। नाँवों के फियोर्ड में उत्तम प्रवेश-द्वार मिलते हैं जो 150 से 200 फुट तक गहरे होते हैं।

यद्यपि फियोर्ड तट की रचना हिम पिघलने के उपरान्त घाटी के धीरे-धीरे जलमग्न हो जाने से होती है, किन्तु इनकी रचना में भ्रंशन तथा भ्रंश घाटियों का विशेष योग रहता है। कुछ फियोर्ड कमजोर शैलों की पक्ति के सहारे मिलते हैं जैसे हारडगर फियोर्ड कठोर स्फाटीय शैलों से परिवद्ध शिष्ट शैलों की अपनति (syncline) के सहारे फैला हुआ है। फियोर्ड की रचना का कारण चाहे कुछ भी रहा हो, यह प्रकट सत्य है कि इन न्यूनतम प्रतिरोधक रेखाओं (lines of least resistance) ने हिमावरण के पूर्व की नदियों को, प्राचीन उच्च भूमि पर गहरी घाटियाँ बनाने में योग दिया। इन उच्च भूमियों पर अधिनूतन युग (pleistocene period) में हिम टोपियों का विकास हुआ था, जिनसे कई हिमनदियों की उत्पत्ति हुई। इन हिमनदियों ने पूर्वनिर्मित नदी-घाटियों के मार्ग का ही अवलम्बन किया और हिम-द्रोणियों (glacial troughs) को जन्म दिया। अन्त में निमज्जन के कारण ये घाटियाँ समुद्री बाहुओं में बदली गयीं। किन्तु यहाँ यह उल्लेखनीय है कि हिमनदियों में समुद्र-तल से भी गहरा काटने की शक्ति है और उन्होंने वैसा किया भी है। अतः हिमनदियों द्वारा निर्मित गहरी घाटियों के बारे में निमज्जन को अधिक महत्त्व नहीं दिया जाना चाहिए।

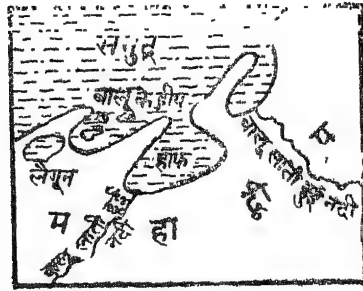


चित्र 216—नाँवों का एक फियोर्ड

सामान्यतः फियोर्ड तट-रेखा के समान्तर प्रायः निम्न चट्टानी द्वीपों (hummocky islands) की शृंखला पायी जाती है। सम्भवतः ये द्वीप डूबी हुई उत्थित तट वेदिका (strandflat) के बाहर निकले हुए अंश हैं। इन पर सामान्यतः हिमोड के निक्षेप पाये जाते हैं। यह बात मुख्यतः नाँवों तट के लिए बहुत ही उपयुक्त है जहाँ द्वीपों को स्केरीज (Skerries) अथवा स्केरी गार्ड (Skerry guard) कहते हैं। इन फियोर्ड तथा द्वीपों ने ही यहाँ के निवासियों को समुद्र की ओर उन्मुख होने को प्रेरित किया। लगभग एक हजार वर्ष पूर्व यहाँ के वाइकिंग्स (Vikings) [अर्थात् 'विक्स' (Vicks)—खाड़ी या फियोर्ड के आदमी] लोगों ने पश्चिमी यूरोप को आतंकित कर दिया और आज भी नाँवों विश्व में ह्वेल पकड़ने, मछली पकड़ने तथा व्यापारिक देशों में अग्रणीय स्थान रखता है।

(ग) डालमेशियन तट (Dalmatian Coast)—एड्रियाटिक सागर के पूर्वी तट पर अनेक लम्बे व सँकरे पहाड़ी द्वीप देखे जाते हैं। ये द्वीप समुद्रतट के समान्तर फैले हुए हैं। वस्तुतः ये द्वीप उन पर्वत-श्रेणियों की चोटियाँ हैं जो जलमग्न हो चुकी हैं। समुद्रतट में समान्तर कटाने भी विद्यमान हैं। तट के समीप उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व की ओर फैली हुई पर्वत-श्रेणियों के जलमग्न होने से ही इस प्रकार के समुद्रतट की रचना हुई। अस्तु, पहाड़ों की लम्बी घाटियाँ तो कटानें बन गयीं और जलमग्न शिखर चट्टानी टापू बन गये। इस प्रकार के समुद्रतट को डालमेशियन समुद्रतट (Dalmatian Coast) कहा जाता है। एड्रियाटिक सागर का पूर्वी तट इसका उत्तम उदाहरण है।

(घ) हैफ तट (Haff Coast)—हैफ तट-रेखा बड़ी ही नीची और कटाव रहित होती है। इस प्रकार की तट-रेखा का सर्वोत्तम उदाहरण पूर्वी जर्मनी के समुद्र-तट पर मिलता है। यहाँ तट



हैफ तट

चित्र 217—हैफ तट

पोताश्रय के लिए बिल्कुल अनुपयुक्त होते हैं। किन्तु इन पर पशुओं के लिए उम्दा घास उत्पन्न की जा सकती है, जिस पर पशुचारण हो सकता है, जैसा कि उत्तरी हॉलैण्ड में देखा जाता है। इन तट-रेखाओं के पीछे प्रायः विस्तृत मैदान फैले होते हैं जो काफी उपजाऊ होते हैं। इससे आवागमन में कोई बाधा नहीं होती।

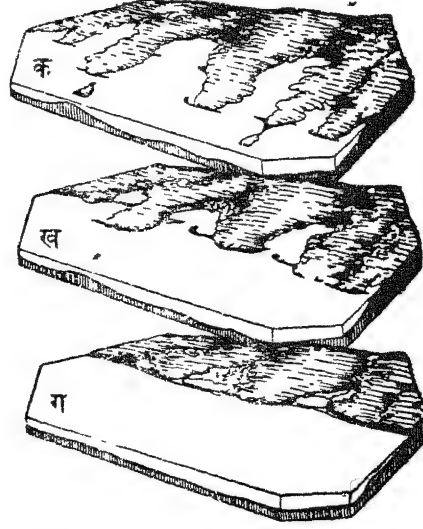
निमग्न तट-रेखाओं के विकास की अवस्थाएँ (Stages of Development of the Coast of Submergence)

(i) प्रारम्भिक अवस्था (Initial Stage)—प्रारम्भिक अवस्था में निमग्न तट-रेखा अत्यधिक टेढ़ी-मेढ़ी और वक्राकार होती है जिसमें अनेक खाडियाँ व खलीज तथा डूबी हुई घाटियाँ होती हैं। तट के समीप द्वीपों तथा प्रायद्वीपों की शृंखला लगी रहती है। समुद्र की तली भी असमान (irregular) होती है जो पूर्व पहाड़ियों और घाटियों को इंगित करती है। विभिन्न निमग्न तट-रेखाओं की प्रारम्भिक अवस्था में उस प्रदेश की बनावट आदि के अनुसार भिन्नता देखी जा सकती है।

(ii) युवावस्था (Young Stage)—इस अवस्था के प्रारम्भ में लहरे समुद्रजल के ऊपर निकले हुए भू-भाग तथा द्वीपों के खुले भागों पर प्रहार करती हैं, जिनसे अत्यन्त विषम, कटी-फटी और वक्राकार तट-रेखा विकसित होती है। इसका मूल कारण यह है कि चट्टानों की छोटी से छोटी जोड़ और सन्धि तथा बनावट की सूक्ष्मतर विषमता लहरों के टकराने को प्रभावित करती है, जिससे अनेक कमजोर भाग उत्पन्न हो जाते हैं। ऐसी दशा में तट-रेखा की चट्टानों में बहुत सारी विषमताएँ उत्पन्न हो जाना स्वाभाविक है। भूगुओं (cliffs) के अनेक रूप इस समय दृष्टिगोचर होते हैं। प्रमुख भूगुओं (main cliffs) के सम्मुख छोटी-छोटी बुजियाँ अथवा चिमनियाँ खड़ी रह जाती हैं। कमजोर स्थलों को खोदकर लहरे वहाँ समुद्री कन्दराएँ (sea caves) बना देती हैं।

समुद्र में आगे निकली हुई चट्टान में बनी कन्दरा (cave) यदि बहुत नीचे तक खुद जाती है और चट्टान ऊपर लटकी रह जाती है तो समुद्री मेहराब (sea-arch) बन जाता है। चट्टान कगारों पर लहरों के घात-प्रतिघात से प्रायः भूमि-स्खलन (land slide) भी होता रहता है।

युवावस्था के विकास-काल में तट-रेखा के समीप संलग्न भित्तियों (spits) की एक लम्बी कतार और पुलिन (beaches) बन जाते हैं। चूँकि समुद्र में बड़े हुए भू-भाग और तट से दूर द्वीपों पर सबसे अधिक क्षयकारी प्रभाव होता है इसलिए ये समुद्री लहरों और धाराओं को निक्षेप के लिए सामान प्रदान करते हैं। यह पदार्थ फिर समुद्रतट के समीप एकत्रित होता है जिससे बाद में पुलिनो (beaches) का निर्माण होता है। तट-भूमि (sea coast) के समीप इन पुलिनो के नाम—खाड़ी शीर्ष पुलिन (Bay head beach), प्रक्षेपी पुलिन (Head land beach) और खाड़ी पार्श्व (Bay side beach) आदि—उनकी स्थिति को प्रकट करते हैं। लहरों द्वारा एकत्रित मलबा इस प्रकार यदि प्रमुख भू-भाग से मिलकर एक बाँध जैसा बन गया हो और जिसका एक भाग खुले समुद्र में हो तो उसे भू-जिह्वा (spit) कहा जाता है। कभी-कभी इसको रोधिका भी कहते हैं। ये रोधिकाएँ एक भू-भाग को दूसरे भू-भाग से जोड़ती हैं। जब कभी समुद्र-तट से दूर स्थित द्वीप इन रोधिकाओं द्वारा मुख्य भू-भाग से जुड़ जाते हैं तो सयोजी भित्तियाँ (Looped Bar or Tombolas) बन जाती हैं। इस विकास-काल में कई अनेक छोटे-मोटे रूप भी तट-रेखाओं में सम्बन्धित रहते हैं।



चित्र 218—निम्न तट-रेखा के विकास की अवस्थाएँ

(iii) प्रौढ़ावस्था (Mature Stage)—जब निम्न तट-रेखा प्रौढ़ावस्था को प्राप्त होती है तो उसकी कई छोटी-मोटी विशेषताएँ लुप्त हो जाती हैं। समुद्र में प्रमुख भू-प्रदेश से निकले हुए अग्रभाग कट-कटकर पीछे हट जाते हैं। खाड़ियों के मुख पर बाधक श्रेणियाँ एक भू-भाग से दूसरे तक फैल जाती हैं जिससे खाड़ियों का समुद्र से सम्बन्ध विच्छेद हो जाता है। अन्त में वे खाड़ियाँ धरातल से आने वाले पदार्थ से पट जाती हैं। तट-रेखा की पूर्ण प्रौढ़ावस्था उस समय आती है जब समुद्री तट खाड़ी के अग्रभाग से बहुत दूर हटकर जमीन के भीतर घुस जाता है।

इस प्रकार की तट-रेखा का सुन्दर उदाहरण पश्चिमी भारतीय तट-रेखा है। यहाँ बम्बई के निकट तट-भूमि के निमज्जन के स्पष्ट प्रमाण प्राप्त हुए हैं। निमज्जन के कारण यहाँ की खाड़ियाँ लैगून झीलों में बदल गयीं और समस्त जंगली भाग नमकीन जल से निम्न हो गया। यही नहीं, भारत का पश्चिमी-तट विशाल निमज्जन का किनारा (edge) बनाता है। यहाँ पहले भारत और अफ्रीका को जोड़ने वाली भूमि तृतीय कल्प (Tertiary Era) के प्रारम्भ में अरब सागर में डूब गयी थी। इसी तरह पूर्वी-तट की ओर पाण्डुचेरी के समीप भी निमज्जन हुआ।¹

(2) उन्मग्न तट-रेखाएँ (Shore-lines of Emergence)—समुद्रतट के समीप जल में डूबा हुआ स्थल भाग महाद्वीपीय मग्नतट (continental shelf) कहलाता है। इन तटों पर

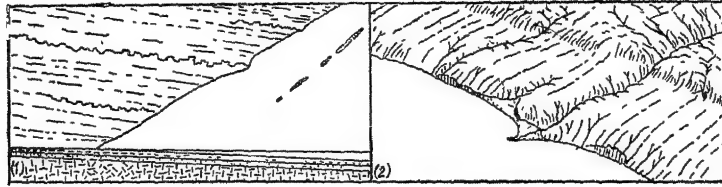
¹ H. L. Chhibber . *Physical Basis of Geography of India*, p. 92

बराबर नदियों द्वारा प्रवाहित अवसाद जमा होता रहता है। लहरें और धाराएँ भी चट्टानों की चूरचूर यही जमा करती हैं। जलमग्न तट पर इस प्रकार मिट्टी, बालू और बजरी आदि के बिछने रहने से तट सपाट और समतल बन जाता है। जब कभी भू-गर्भिक हलचलों के कारण समतल जलमग्न भूमि समुद्र के ऊपर उठ आती है तो पुराने तट के साथ यह नवीन भूमि और मिल जाती है। कभी-कभी सपाट जलमग्न भूमि के उठाने के विपरीत समुद्र का जल (level) नीचे चला जाता है। ऐसी दशा में भी नवीन भूमि समुद्र के बाहर निकल आती है। यह नवनिर्मित उन्मग्न भू-भाग लगभग समतल जैसा ही होता है। इस समतल मैदान की समुद्र से मिलन-रेखा को ही उन्मग्न तट-रेखा कहा जाता है।

इस प्रकार की तट-रेखा बिल्कुल सीधी और सपाट होती है। इसमें खाड़ियों तथा कटानों आदि का प्रायः अभाव रहता है। यही कारण है कि ऐसी तट-रेखाओं में बहुत कम अच्छे पोताश्रय (Harbour) मिलते हैं। यातायात तथा व्यापार की दृष्टि से भी यह तट-रेखा महत्त्वहीन ही होती है। ऐसी तट-रेखा के समीप महाद्वीपीय समुद्र भी गहरा नहीं होता। उत्तरी अमरीका का अन्ध महासागरीय तट ऐसा ही है। भारत का मद्रास-तट भी उन्मग्न तट-रेखा का सुन्दर उदाहरण है। यहाँ कुछ मात्रा में पूर्व समुद्री नितल के निक्षेप बिछे पाये जाते हैं तथा कई प्रौढ समुद्री भृगु (Mature sea cliffs) स्थल के भीतर कई मीटर दूर खड़ी देखी जाती हैं। ये सब चिह्न उन्मग्न तट-रेखा की ओर ही इंगित करते हैं।¹

उन्मग्न तट-रेखा को दो भागों में बाँटा जा सकता है :

(क) तटीय मैदान की तट-रेखा (Coastal Plain Shore-line)—अधिकांश समुद्रों की तट-रेखा के समीप बहुत ही मन्द ढाल वाले और अपेक्षाकृत समतल मग्नतट पाये जाते हैं।



चित्र 219—तटीय मैदान की तट-रेखा

ऐसे मग्नतट उन्मग्न के कारण जब समुद्र से बाहर निकल आते हैं तो मन्द ढाल वाले समतल तटीय मैदानों को जन्म देते हैं। इन मैदानों की तट-रेखा बहुत ही साधारण और सीधी होती है। ऐसी तट-रेखा को तटीय मैदान की तट-रेखा कहते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका के फ्लोरिडा की तट-रेखा ऐसी ही है।

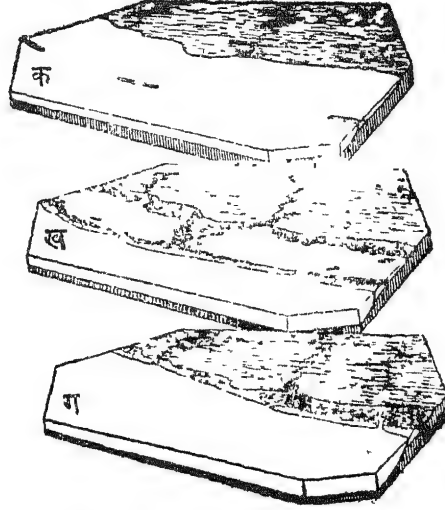
(ख) तीव्र ढाल वाली उन्मग्न तट-रेखा (Steeply Sloping Shore-line of Emergence)—कुछ तटों के समीप अन्तः समुद्री स्थल की आकृति बड़ी तीव्र ढाल वाली होती है। अतः यहाँ की तट-रेखा तटीय मैदान की तट-रेखा से भिन्न होती है। यहाँ तट से कुछ दूर पर ही गहरा जल आ जाना है और तटीय क्षेत्र अपेक्षाकृत पहाड़ी होता है। ऐसी तट-रेखा को तीव्र ढाल वाली उन्मग्न तट-रेखा कहते हैं।

उन्मग्न तट के विकास की अवस्थाएँ (Stages of Development of Emergent Coasts)

(1) प्रारम्भिक अवस्था (Initial Stage)—उन्मग्न तट-रेखा की प्रारम्भिक अवस्था को प्रायः सीधी समोच्च रेखा (straight contour) द्वारा प्रकट किया जाता है। इसका कारण केवल

¹ S. Krishnaswamy, 'The Coast of India,' *The Indian Geographical Journal*, Vol. XXIX, No. 1, p. 19

यही है कि समुद्र अथवा झील के नीचे का नितल प्रायः समतल मैदान होता है जो समुद्र में अवसाद आदि के निक्षेप से बनता है। निम्न तट-रेखाओं के समान इसमें उन सब विषमताओं का अभाव रहता है जो भूमि के कटाव द्वारा उत्पन्न होती है। कुछ समुद्री नितल बड़े ही ऊबड़-खाबड़ होते हैं। ये इस बात के द्योतक हैं कि वे अभी हाल ही में जलमग्न हुए हैं। ऐसे प्रदेश जब समुद्र से बाहर निकल आते हैं तो उनसे बनने वाली तट-रेखा बड़ी टेढ़ी-मेढ़ी होती है। अतः ऐसे तटों के लक्षण प्रायः निम्न तट-रेखाओं के अनुरूप ही होते हैं।



चित्र 220—उन्मग्न तट-रेखा के विकास की अवस्थाएँ

अभी हाल ही में उठे हुए समुद्र नितल का तट से दूर का ढाल प्रायः बहुत मन्द होता है। फलतः बहुत-सी लहरे तट से दूर ही टकराकर समाप्त हो जाती हैं। बहुत ही शक्तिहीन छोटी-छोटी लहरे तट की ओर बढ़ती हैं जो तट-भूमि के कमजोर स्थल को कुरेदती रहती हैं। इसमें समुद्रतट में छोटे-छोटे अनेक कटाव उत्पन्न हो जाते हैं। बड़ी-बड़ी उत्ताल तरंगे तट से दूर ही समाप्त हो जाती हैं और वहाँ समुद्र की तली को काटती रहती हैं। लहरों द्वारा समुद्री तली का कटा हुआ यह पदार्थ जब ढाल में अलग फेंक दिया जाता है तो तट-रेखा के समांतर एक अन्त समुद्री रोधिका (Submarine bar) बन जाती है। यह रोधिका धीरे-धीरे लगातार बढ़ती रहती है और जब वह समुद्र के ऊपर दिखाई पड़ने लगती है तो तट-रेखा प्रारम्भिक अवस्था से युवावस्था को प्राप्त हुई समझी जाती है।

(ii) युवावस्था (Young Stage)—समुद्र-तट से कुछ दूर हटकर अपतट रोधिका (offshore bar) का निर्माण उन्मग्न तटों की युवावस्था का विशिष्ट लक्षण है। रोधिका और तट के बीच लम्बी सँकरी झील बनी होती है, जिसको अनूप (lagoon) कहा जाता है। ऐसी रोधिकाओं का निर्माण निकटवर्ती समुद्र अथवा तटभूमि से प्राप्त पदार्थ द्वारा होता है। इस अवस्था में तट के बराबर दो या दो से अधिक रोधिकाओं अथवा भित्तियों का पाया जाना भी अस्वाभाविक नहीं है। तट से दूर लहरें निरन्तर समुद्र-तल को काटकर गहरा करती रहती हैं और उच्छेदित मलबा भित्ति के पास संचित होता रहता है। यही तट की युवावस्था होती है।

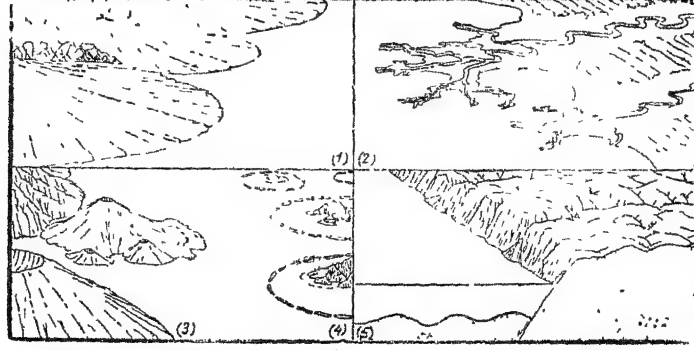
(iii) प्रौढ़ावस्था (Mature Stage)—अपतटीय रोधिका (offshore bar) का निर्माण हो चुकने पर समुद्र की लहरों को समुद्र की सतह पर विशेष स्कावट का सामना नहीं करना पड़ता और वे स्वतन्त्रतापूर्वक भूमि की ओर बढ़ने लगती हैं। लहरों का आक्रमण तब स्वयं रोधिका पर होने लगता है जिससे वह अनूप अथवा दलदल की ओर ढेल दी जाती है। जब अपतटीय रोधिका प्रधान भू-भाग तक ढेल दी जाती है तो तूफानों के द्वारा उत्पन्न भीषण लहरों को समुद्र के भीतर अत्यन्त नुकीला अवरोधक प्राप्त होता है। यह अवस्था तट-रेखा की प्रौढ़ावस्था होती है।

(3) तटस्थ तट-रेखाएँ (Neutral Shore-lines)—तटस्थ तट-रेखाओं से आशय उन तट-रेखाओं से है जहाँ तटीय भूमि और समुद्र के बीच कोई सापेक्ष परिवर्तन नहीं हुआ है, अर्थात् न तो भूमि ही ऊपर-नीचे हुई है और न समुद्र-तल में ही घट-बढ़ हुई है। वस्तुतः ऐसी तट-रेखाओं

की रचना किसी अन्य कारण से होती है। जब समुद्र-जल में नवीन पदार्थों के निक्षेपस्वरूप जहाँ कहीं तट-रेखाओं का विकास होता है तो उसे **तटस्थ तट-रेखा** कहते हैं।

तटस्थ तट-रेखाओं की रचना कई प्रकार से होती है। इनकी रचना के आधार पर तटस्थ तट-रेखाओं के निम्न भेद किये जा सकते हैं

(क) **डेल्टा निर्मित तट-रेखाएँ (Delta Shore-line)**—जब समुद्र में नदी द्वारा अपने मुहाने के समीप अवसाद के निक्षेपस्वरूप कोई तट-रेखा बनती है तो उसे डेल्टा निर्मित तट-रेखा कहते हैं।



चित्र 221—विभिन्न तट-रेखाएँ—(1) कछारी शंकु तट-रेखा;

(2) डेल्टा निर्मित तट-रेखा; (3) ज्वालामुखी तट-रेखा;

(4) प्रवाल भित्ति तट-रेखा; (5) भ्रंश तट-रेखा

(ख) **कछारी शंकु तट रेखाएँ (Alluvial Fan Shore-line)**—ऐसी तट-रेखाएँ वक्राकार आकृति की होती हैं। जब कोई नदी अधिक भार के कारण कई शाखाओं में विभाजित होकर अपने मुहाने पर विशाल कछारी शंकु की रचना कर देती है तो वहाँ कछारी शंकु तट-रेखा बन जाती है।

(ग) **ज्वालामुखी द्वारा निर्मित तट-रेखा (Volcano Shore-line)**—जब कहीं ज्वालामुखी उद्गार से निकले लावा के निक्षेप से तट-रेखा बनती है तो उसे **ज्वालामुखी निर्मित तट-रेखा** कहा जाता है।

(घ) **प्रवाल भित्ति निर्मित तट-रेखा (Coal Reef Shore-line)**—ऐसी तट-रेखाएँ उष्ण समुद्रों के छिछले क्षेत्रों में प्रवाल जीवों द्वारा बनती हैं।

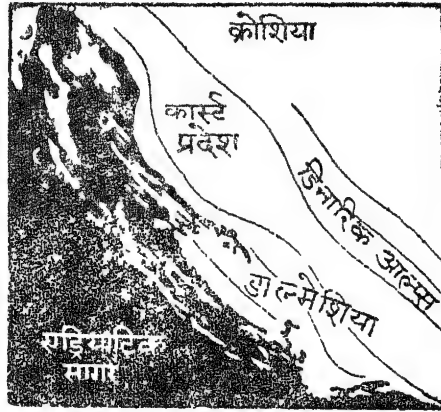
(ङ) **भ्रंश तट-रेखा (Fault Shore-line)**—भू-पटल पर भ्रंश के कारण कभी-कभी असाधारण तट-रेखाएँ बन जाती हैं। जब कभी भ्रंश के कारण भ्रंश-तल के समुद्र की ओर वाली तहें टूटकर समुद्र में नीचे धँस जाती हैं और शीर्ष भित्ति धँसे हुए खण्ड की ओर होती है तो उससे उत्पन्न तट-रेखा को भ्रंश तट-रेखा कहते हैं। ऐसी तट-रेखाएँ प्रायः सपाट और सीधी होती हैं। भारत के पश्चिमी-तट की रेखा ऐसी ही तट-रेखा है।

(4) **संश्लिष्ट तट-रेखाएँ (Compound Shore-line)**—जब समुद्र और भूमि के तल (level) में कुछ परिवर्तन होता है तभी संश्लिष्ट तट-रेखाएँ बनती हैं। इस प्रकार की तट-रेखाओं में भूमि के धँसने और ऊपर उठने दोनों ही से सम्बन्धित विशेषताएँ पायी जाती हैं। अस्तु, जिन तट-रेखाओं से उन्मग्न और निमग्न दोनों प्रकार के तटों की बनावट के चिह्न मिलते हैं, संश्लिष्ट तट-रेखाएँ कहलाती हैं। इन तट-रेखाओं के आकार में दोनों प्रकार की—उन्मग्न और निमग्न—तट-रेखाओं के रूप देखने को मिलते हैं। उदाहरणतः, उत्तरी अमरीका के मेन राज्य (State of Maine) की तट-रेखा स्पष्टतः ही निमग्न तट-रेखा है, परन्तु हाल ही में भूमि के ऊपर

उठ जाने से तट-रेखा के समीप एक छोटे तटीय मैदान का रूप निकल आया है। इसी प्रकार उत्तरी केरोलीना की तट-रेखा प्रारम्भिक रूप में उन्मज्ज तट-रेखा थी, किन्तु बाद में वहाँ कई खाड़ियाँ, कटारें और अनुप बन गये जो कि सब निमज्जन को प्रकट करती हैं। इसी तरह उत्तरी केरोलीना, पश्चिमी ससेक्स और चैम्पीक की खाड़ी के प्रदेश में उन्मज्जन और निमज्जन दोनों ही के रूप दिखाई पड़ते हैं।

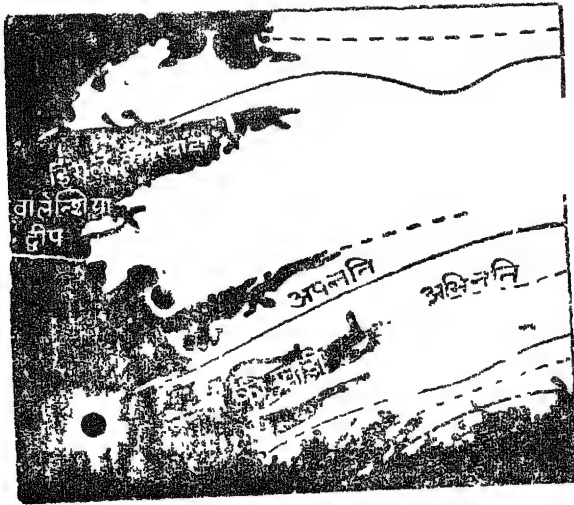
— कई विद्वानों ने तट-रेखाओं का विभिन्न आधारों पर वर्गीकरण किया है, किन्तु वे अधिक महत्वपूर्ण नहीं हैं। स्वेस ने सन् 1888 में तट के पृष्ठ-प्रदेश की संरचना के आधार पर तट-रेखाओं का निम्न वर्गीकरण प्रस्तुत किया है।

(क) प्रशान्त तुल्य तट-रेखा (Pacific Type Shore-line)—इस प्रकार की तट-रेखा वलित पर्वतों के समान्तर विकसित होती है। ऐसे तट प्रायः सपाट होते हैं। द्वीप तथा श्रेणियाँ स्थल भाग का अनुसरण करती हैं। जहाँ कहीं स्थल भाग नीचे धँसक गया है, वहाँ तट-रेखा असमान हो गयी है। ऐसे स्थानों पर समुद्र की भुजाएँ स्थल के भीतर घुस गयी हैं। प्रशान्त महासागर के पूर्व में उत्तरी अमरीका की रॉकी पर्वत-श्रृंखला एवं दक्षिणी अमरीका की एण्डीज पर्वत-श्रृंखला तथा पश्चिम में जापान आदि द्वीपों के सहारे ऐसे तटों का अधिक विस्तार हुआ है, अतः इन्हें प्रशान्त तुल्य तट-रेखा कहा गया है। दक्षिणी स्पेन, उत्तरी अफ्रीका, इटली तथा यूगोस्लाविया के तट भी इसी प्रकार के हैं। इनके समीप क्रमशः कैप्टेन्नियन, एपीनाइन तथा डिनारिक आल्प्स पर्वत स्थित हैं। यूगोस्लाविया का डालमेशियन तट (Dalmatian coast) ऐसा ही तट है। डा० बुशर ने ऐसी तट-रेखाओं को



चित्र 222—प्रशान्त तुल्य तट-रेखा

सवादी तट-रेखा (concordant coast-line) तथा वान रिश्टाफन ने देशान्तरीय तट-रेखा (Longitudinal coast-line) का नाम दिया है।



चित्र 223—अन्ध तुल्य तट-रेखा

ये तट-रेखाएँ अधिक कटी-फटी होती हैं। ऐसे तटों पर खाड़ियों तथा द्वीपों की अधिकता पायी

(ख) अन्ध तुल्य तट-रेखा (Atlantic Type Shore-line)—इस प्रकार की तट-रेखा का निकटवर्ती स्थल की संरचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। इन तट-रेखाओं के पृष्ठ-प्रदेश में कहीं मैदान, कहीं पठार और कहीं अर्वाक्षट पर्वत मिलते हैं। अतः तटों पर कहीं कठोर और कहीं कोमल शैलें मिलती हैं। इसीलिए

जाती है। अनेक स्थानों पर घाटियाँ तथा समुद्राभिमुख कगारे मिलती हैं। इस प्रकार की तट-रेखा को रिया तट (Ria coast) कहते हैं। अन्ध महासागर तथा हिन्द महासागर के सभी तट इसी प्रकार के हैं। उत्तरी ध्रुव महासागर व दक्षिणी महासागर के तट भी इसी श्रेणी में आते हैं। डा० बुशर ने ऐसे तटों को उत्क्रामी तट (discordant coast) तथा वान रिश्टाफन ने आड़े तट (transverse coast) की संज्ञा दी है।

तट-रेखाओं का भौगोलिक प्रभाव

अपने रूप, आकार और विकास में उन्मग्न और निमग्न दोनों ही तट-रेखाएँ भिन्न होती हैं। अतः दोनों ही तट-रेखाओं के समीप विपरीत मानवीय अवस्थाएँ देखने को मिलती हैं। उन्मग्न तट-रेखाओं पर बहुत ही कम बन्दरगाहों का विकास होता है। जो मिलते हैं वे दूर-दूर और पिछड़े हुए मिलते हैं। किन्तु इन तट-रेखाओं का पृष्ठदेश कृषि और कभी-कभी खनिज साधनों में बहुत ही धनी होता है। इसके विपरीत निमग्न तट-रेखाओं पर अनेक सुन्दर प्राकृतिक बन्दरगाह मिलते हैं, परन्तु इनके पृष्ठदेश में प्रायः कृषि विकास की कम सम्भावनाएँ होती हैं, इसलिए वहाँ घनी आबादी के लिए कोई आकर्षण नहीं रहता। संश्लिष्ट तट-रेखाओं में कभी-कभी दोनों ही तट-रेखाओं के लाभ मिले रहते हैं। अन्ध महासागर के तटीय मैदान का चैम्पीक खाड़ी प्रदेश (Chesapeake Bay region) इसका अच्छा उदाहरण है। यहाँ की तट-रेखा संश्लिष्ट तट-रेखा है, जिसमें उन्मग्न और निमग्न दोनों ही तट-रेखाओं के लाभ उपलब्ध हैं। इस प्रदेश के पृष्ठभाग में बड़ा लम्बा-चौड़ा, समतल और उपजाऊ मैदान है। साथ ही साथ यहाँ अच्छे सुन्दर प्राकृतिक पोताश्रय का लाभ भी प्राप्त है। यहाँ नॉरफोक (Norfolk), वाशिंगटन (Washington) और बाल्टीमोर (Baltimore) जैसे सुन्दर बन्दरगाह हैं।

निमग्न की कुछ तट-रेखाओं—प्रमुखतया फियोर्ड-तटों—पर पोताश्रय के लिए सर्वोत्तम प्राकृतिक अवस्थाएँ पायी जाती हैं, किन्तु इन तटों की पहाड़ी प्रकृति जनसंख्या के जमाव की दृष्टि से अनुपयुक्त होती है। यहाँ के निवासी अधिकतर तट के समीप ही घूमा करते हैं। तटों के समीप जमीन के छोटे-छोटे टुकड़ों पर जहाँ थोड़ी-बहुत खेती हो सकती है, किसान और मछुए अपनी झोंपड़ियाँ बना लेते हैं। नॉर्वे के तट और समीप के कई द्वीपों पर समुद्र-तल से 50 फुट की ऊँचाई पर कुछ कछारी मिट्टी की तग पट्टियाँ अथवा मैदान हैं। अतएव यहाँ की जनसंख्या बड़ी ही छितरी हुई है। नावे यहाँ के आवागमन का प्रमुख साधन है। सप्ताह में कई बार बड़े-बड़े स्टीमर स्टेवेन्जर (Stavanger) से वर्डो (Verdo) के बीच नगरों का चक्कर लगाया करते हैं और छोटे स्टीमर लगभग सभी छोटी बस्तियों को सँभाल लेते हैं। छोटे-छोटे गाँवों से कई मोटर-बोट तट के प्रायः सभी भागों तक पहुँच जाते हैं और इस तरह वे प्रत्येक निवासी का बाहर की दुनिया से सम्पर्क बनाये रखते हैं। प्रत्येक व्यक्ति अपनी आजीविका के लिए समुद्र की ओर देखता है और समुद्र उन सबको संसार के अन्य भागों की खोज के लिए आमन्त्रण देता है। प्राचीनकाल में इस प्रदेश के रहने वाले वाईकिंग्स (Vikings) और नोर्समेन (Noisemen) लोगो ने अपने घर से दूर घूमने की प्रवृत्ति को प्रमाणित किया है। संसार में उसी राष्ट्र के लोग चतुर मत्लाह और समुद्री यात्रा करने वाले होते हैं जिनका समुद्रतट निमग्न के कारण काफी कटा-फटा हो और उसका पृष्ठदेश भी मानवीय सुविधाओं के विपरीत हो। स्थल की अवस्थाएँ लोगों को बराबर हतोत्साहित करती हैं, परन्तु समुद्र उनको प्रेरणा देता है और आगे बढ़ने को आमन्त्रित करता है।¹ ग्रीक, फिनिसियन, रोमन, मिस्र-निवासी और कार्थेजियन आदि लोग अपने इतिहास के प्रारम्भ से ही व्यापारी रहे हैं। आज भी ग्रीक लोगो की बस्तियाँ टर्की के तट पर फैली हुई पायी जाती हैं।

¹ A. K. Loback : *Geomorphology*, p. 358

स्कॉटलैण्ड के निवासी प्रारम्भ से ही जहाज-निर्माण करने का धन्धा करते हैं। ये लोग जहाज बनाने का धन्धा इसलिए नहीं करते कि इनको वहाँ इस काम की सुविधाएँ प्राप्त हैं, बल्कि उनमें अपनी आजीविका प्राप्ति के लिए समुद्र का उपयोग करने की प्रबल जिज्ञासा है। फ्रांस-निवासी अपने घर को प्यार करने वाले लोग हैं। उनका देश धनी और घनी आबादी के योग्य है। परन्तु फ्रांस की नौ-सेना के जवान और जहाजों को चलाने के लिए कुशल व्यक्ति उन्हें अपने देश के एक मुख्य भाग ब्रिटेनी से ही प्राप्त होते हैं। ब्रिटेन प्रान्त का समुद्रतट कटा-फटा है और पास ही वहाँ पहाड़ियाँ और चट्टानें आ गयी हैं। अतः इसी भाग में सबसे अधिक मल्लाह होते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में भी सबसे अधिक मल्लाह न्यू-इंग्लैण्ड राज्य में ही पाये जाते हैं। यहीं के लोग अधिकतर जहाज बनाने, मछली मारने और त्वेल के शिकार में लगे हुए हैं। इसके विपरीत वर्जीनिया, केरोलीना, जॉर्जिया, अलाबामा और मिसिसिपी राज्यों के लोग कभी भी समुद्र पर निर्भर नहीं रहते। भूमि ही उनको सन्तोष देती है। भारत में भी अधिकतर मल्लाह रत्नागिरि, कोकन और मलाबार प्रदेशों से प्राप्त होते हैं।

निमज्जन की तट-रेखाओं और पहाड़ी पृष्ठप्रदेश वाले भागों में जनसंख्या कदाचित् ही तीव्र गति से बढ़ती है। यह एक निश्चित बिन्दु तक पहुँचकर वहीं ठहर जाती है। कभी-कभी तो जनसंख्या के घटने के चिह्न भी मालूम होने लगते हैं, जैसा कि न्यू इंग्लैण्ड राज्य में हुआ है।

जब कभी किसी देश का उपजाऊ और घना बसा भाग पहाड़ अथवा मरुस्थल द्वारा समुद्रतट से अलग हो जाता है तो वहाँ विशिष्ट मानवीय दशाएँ उत्पन्न हो जाती हैं। ऐसी अवस्था यूगोस्लाविया में पायी जाती है। इस देश के भीतर ड्रेव (Drave) और सेव (Save) नदियों की घाटियों में अधिकतर मनुष्य बसे हुए हैं। परन्तु डालमेशियन-तट के ऊपर ऊँची-ऊँची और ऊबड़-खाबड़ डिनारिक आल्प्स (Dinaric Alps) की पर्वत-श्रेणियाँ खड़ी हैं जिनको पार करना अति कठिन है। फलतः तट-प्रदेश का देश के भीतरी भाग से बिल्कुल सम्बन्ध-विच्छेद हो गया है। परिणामस्वरूप यह तट-प्रदेश अन्य देशों के साहसी नौ-सैनिक और मल्लाहों की बस्तियों के लिए खुला है। इसी कारण यूगोस्लाविया के डालमेशियन-तट पर कई इटालियन बस्तियाँ बस गयी हैं और पूर्ण रूप से इटालियन संस्कृति का प्रभाव फैल गया है। यह बात इतनी सही है कि विश्व-युद्ध के पश्चात् शान्ति-वार्ता के समय इटालियन लोगों ने इस तट-भूमि के अधिकतर भाग को प्राप्त करने के लिए उपरोक्त तथ्य का प्रयोग किया था।¹

जर्मनी की तट-रेखा ऐसी है जो न तो लोगों को आकर्षित करती है और न लोगों को साहसी मल्लाह बनने का अवसर ही प्रदान करती है। तटरेखा पर कोई भी अच्छा बन्दरगाह नहीं है। अतः जर्मन लोग सदा से घर को प्यार करने वाले रहे हैं। घर से बाहर निकलने की कभी उनकी इच्छा नहीं हुई। ससार के व्यापारिक क्षेत्र में आने के पहले वे लोग घर पर ही अपने साधनों तथा योग्यताओं को बढ़ाने की चेष्टा करते रहे। अपने इतिहास के अधिकतर समय में अंग्रेज, स्पेनिश, स्केण्डिनेवियन, फ्रेंच और पुर्तगाली आदि सब समुद्री शक्ति में जर्मन लोगों से आगे रहे हैं। जर्मन लोगों ने अपने देश के बाहर समुद्र में अभी हाल के समय में ही पैर रखा है और वह भी अपने भारी औद्योगिक विकास होने से माल के निर्यात हेतु द्वार खोजने के लिए।

¹ Ibid, : p. 359

चतुर्थ खण्ड
स्थलमण्डल

25

शैल अथवा चट्टानें (ROCKS)

पृथ्वी के जिस भाग पर हम सब रहते हैं उसे भू-पृष्ठ कहते हैं। यह पृथ्वी का ठोस अंग है। इसकी मोटाई लगभग 50-60 मील है। जिन पदार्थों से इस भू-पृष्ठ की रचना हुई है उसे शैल या चट्टान कहा जाता है।

शैल कई प्रकार के खनिजों का तत्सम रूप है और खनिज विशेष प्रकार के रासायनिक मूल तत्वों का योग है। अभी तक लगभग 103 मूल तत्वों की जानकारी हो चुकी है, किन्तु भू-पृष्ठ की रचना में इनका एक समान योग नहीं है। इनमें से कुछ बहुत ही अल्प रूप में और कुछ प्रचुर मात्रा में मिलते हैं। क्लार्क तथा वाशिंगटन ने गणना करके यह बताया कि भू-पृष्ठ की रचना में जिन तत्वों का समावेश है उनका प्रतिशत अनुपात निम्न प्रकार है :

तत्व	प्रतिशत	तत्व	प्रतिशत
ऑक्सीजन	46.71	टाइटेनियम	0.62
सिलीकन	27.69	हाइड्रोजन	0.14
एल्यूमीनियम	8.07	फॉस्फोरस	0.13
लोहा	5.07	कार्बन	0.09
कैल्शियम	3.65	मैगनीज	0.09
सोडियम	2.75	गन्धक	0.05
पोटैशियम	2.58	बेरियम	0.05
मैग्नीशियम	2.08	क्लोरीन	0.04
		अन्य	0.21

कुल योग | 100.00

उपरोक्त सारणी से प्रकट है कि भू-पृष्ठ का 98.6 प्रतिशत भाग केवल ऑक्सीजन, सिलीकन, एल्यूमीनियम, लोहा, कैल्शियम, सोडियम, पोटैशियम व मैग्नीशियम आठ तत्वों से निर्मित है। शेष 1.4 प्रतिशत भाग की रचना टाइटेनियम, हाइड्रोजन, फॉस्फोरस, कार्बन, मैगनीज, गन्धक, बेरियम, क्लोरीन, सोना, चाँदी, ताँबा, पारा, सीसा आदि तत्वों से होती है।

खनिज (Minerals)

भू-गर्भ में असंख्य खनिज हैं। भू-पृष्ठ की चट्टानों का निर्माण इन्हीं खनिजों के योग से होता है। किन्तु खनिज स्वयं विभिन्न रासायनिक तत्वों (elements) के योग से बनते हैं। प्रकृति में

बहुत कम तत्त्व ही स्वतन्त्र रूप में मिलते हैं जैसे सोना, चाँदी, ताँबा, प्लैटिनम, गन्धक व कार्बन आदि (हीरा तथा ग्रेफाइट के रूप में)। शेष तत्त्व असंख्य यौगिकों (compounds) के रूप में विभिन्न प्रकार से मिले हुए पाये जाते हैं। अतः प्राकृतिक रूप में मिलने वाले रासायनिक यौगिक ही खनिज पदार्थ कहे जाते हैं। इस प्रकार खनिज पदार्थ की एक निश्चित रासायनिक बनावट होती है। इसमें विशेष भौतिक गुण होते हैं तथा उसका आणविक आकार निश्चित होता है। लॉंगवेल (Longwell) के अनुसार, “खनिज प्राकृतिक रूप से उपलब्ध वह पदार्थ है जिसमें एक विशेष प्रकार के भौतिक गुण होते हैं और उसकी रचना को एक रासायनिक सूत्र के द्वारा प्रकट किया जा सकता है।”

पृथ्वी पर लगभग 2,000 प्रकार के खनिज पाये जाते हैं, किन्तु इनमें से केवल 20 खनिज ही ऐसे हैं जिनसे चट्टानों की रचना होती है। चट्टानों का निर्माण करने वाले खनिजों के मुख्य निम्न प्रकार हैं :

(1) ऑक्सीजन-प्रधान खनिज (Oxides)—इसके अन्तर्गत स्फटिक (quartz) सिलिकन-डाइ-ऑक्साइड तथा लोहे के ऑक्साइड—मेगनेटाइट व हेमेटाइट आदि सम्मिलित हैं। ये दो या दो से अधिक तत्त्वों के मिलने से बनते हैं।

(2) सिलिकन-प्रधान खनिज (Silicates)—यह चट्टानों में व्यापक रूप से मिलने वाला खनिज है। इस खनिज के अनेक वर्ग हैं जैसे फेल्सपार, अभ्रक, एम्फीबोल, पाइराक्सीन, क्लोराइट व ओलिविन आदि।

(3) कार्बोनेट-प्रधान खनिज (Carbonates)—भू-पृष्ठ की रचना में सिलिकेटों के बाद कार्बोनेट का ही विशेष स्थान है। इनमें कैल्साइट, डोलोमाइट एवं मेगनेसाइट आदि खनिज आते हैं।

(4) सल्फाइड-प्रधान खनिज (Sulphides)—जैसे पाइराइट, गैलेना आदि।

(5) सल्फेट-प्रधान खनिज (Sulphates)—जैसे जिप्सम आदि।

(6) फॉस्फेट-प्रधान खनिज (Phosphates)।

(7) मूल खनिज (Native Minerals)—जैसे सोना, चाँदी, ताँबा, गन्धक, ग्रेफाइट, कार्बन, शेलखरी आदि। ये खनिज एक ही तत्त्व से निर्मित होते हैं।

उपरोक्त सभी प्रकार के खनिजों को उनके रंग, स्वरूप, आभा, कठोरता, टूटन, फूटन, चमक, स्वाद, गन्ध, चुम्बकत्व, घुलनशीलता, चिकनाहट, आपेक्षिक घनत्व तथा रवों के प्रकार से पहचाना जाता है। आजकल विद्युत-तरंगों एवं अनेक प्रकार के यन्त्रों से भी खनिजों की पहचान की जाती है।

चट्टानें (Rocks)

साधारणतः ‘चट्टान’ शब्द से कठोरता का बोध होता है। अतः धरातल में पायी जाने वाली किसी कठोर वस्तु को हम ‘चट्टान’ कहते हैं। परन्तु भूगोल में चट्टानों का भिन्न आशय है। भूगोल में ‘चट्टान’ शब्द का आशय खनिज-पदार्थों के योगफल से है। चाहे ये पदार्थ ग्रेनाइट जैसे कठोर अथवा मिट्टी जैसे मुलायम और क्वार्ट्ज के समान ठोस अथवा बालू के समान ढीले ही क्यों न हों। ‘चट्टान’ शब्द का प्रयोग भूगोल ने बालू, ककड़, मिट्टी, कीचड़ व ग्रेनाइट आदि सभी पदार्थों के लिए समान रूप से होता है।¹ अतः भू-विज्ञान की भाषा में चट्टान स्वाभाविक निक्षेप का वह पिण्ड है

1 “In popular usage, the term ‘rock’ denotes a hard, solid mass derived from the earth, but the geologist gives the term much wider scope, for he includes masses of clay, loose sand, gravels and boulders, as well as granite, sandstone, marble and ice.”
—N. E. A. Hinds : *Geomorphology*, p. 38

जिससे भू-पृष्ठ का ठोस भाग बना है। अतः वे समस्त प्राकृतिक पदार्थ जो कि भू-गर्भ तथा धरातल के ऊपर पाये जाते हैं, चट्टानें कहलाते हैं।

अर्थर होम्स के अनुसार अधिकांश चट्टानें खनिजों का ही मिश्रित अणु होती हैं। अतः किसी भी चट्टान में एक या एक से अधिक खनिज होना सम्भव है। जैसे संगमरमर केवल एक ही खनिज से बना होता है। यह पूर्णतः बलुहा पत्थर (sand stone) अथवा कैल्साइट (calcite) के छोटे-छोटे कणों से निर्मित होता है। इसके विपरीत, ग्रेनाइट चट्टान स्फटिक, फेल्सपार और अभ्रक आदि तीन या चार खनिजों द्वारा बनी होती है। इस प्रकार चट्टानें विभिन्न खनिजों के विविध अनुपात से निर्मित होती हैं। इसलिए खनिजों के समान चट्टानों की कोई निश्चित रासायनिक रचना नहीं होती।

चट्टानों के भेद

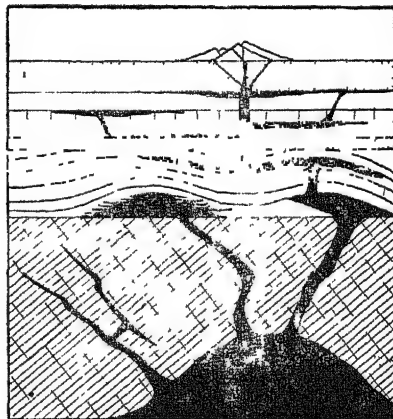
भू-पृष्ठ पर अनेक प्रकार की चट्टानें पायी जाती हैं, परन्तु उनकी मौलिक रचना के अनुसार चट्टानों के मुख्य तीन भेद हैं

- (क) आग्नेय चट्टानें (Igneous Rocks),
- (ख) अवसादी चट्टानें (Sedimentary Rocks),
- (ग) कायान्तरित चट्टानें (Metamorphic Rocks)।

(क) आग्नेय चट्टानें

(Igneous or Primary Rocks)

पृथ्वी की उत्पत्ति पर विचार करते समय हमने देखा था कि कई वैज्ञानिकों ने प्रारम्भ में पृथ्वी के द्रव रूप को स्वीकार किया है। अतः पृथ्वी के द्रव-पदार्थों के घनीभूत हो जाने से जो चट्टानें बनीं उन्हें ही आग्नेय चट्टानें कहा जाता है। दूसरे शब्दों में, 'जो चट्टानें द्रव पदार्थों के ठण्डे होने से ठोस अवस्था में बदल गयी हैं वे आग्नेय चट्टानें कहलाती हैं।'¹ कभी-कभी 'आग्नेय' शब्द से यह भ्रान्ति होने लगती है कि इन चट्टानों की रचना का अग्नि से विशेष सम्बन्ध है, पर ऐसी बात नहीं है। यहाँ 'आग्नेय' शब्द से आशय ऊँचे तापमान से है। पृथ्वी के गर्भ में आज भी इतनी गर्मी पायी जाती है कि वहाँ कोई भी वस्तु ठोस अवस्था में नहीं रह सकती। पत्थर, खनिज व धातु जैसे कठोर से कठोर पदार्थ भी वहाँ शीशे की भाँति पिघल जाते हैं। अतः पृथ्वी के गर्भ का यही द्रव-पदार्थ—जो कि 'मैग्मा' (Magma) कहलाता है—जब किसी प्रकार भीतर से ऊपर को ठेल दिया जाता है और धीरे-धीरे ठण्डा होकर ठोस बन जाता है तो आग्नेय चट्टान का रूप धारण कर लेता है। यह एक सामान्य बात है कि कोई भी उष्ण द्रव-पदार्थ जब धीरे धीरे ठण्डा होकर घनीभूत होता है तो उसमें स्फाट या रवे (crystals) पड़ते हैं। आग्नेय चट्टानें भी चूँकि द्रव-पदार्थों से ठण्डी होकर बनती हैं इसलिए स्वाभाविक रूप से स्फाटीय (crystalline) होती हैं।

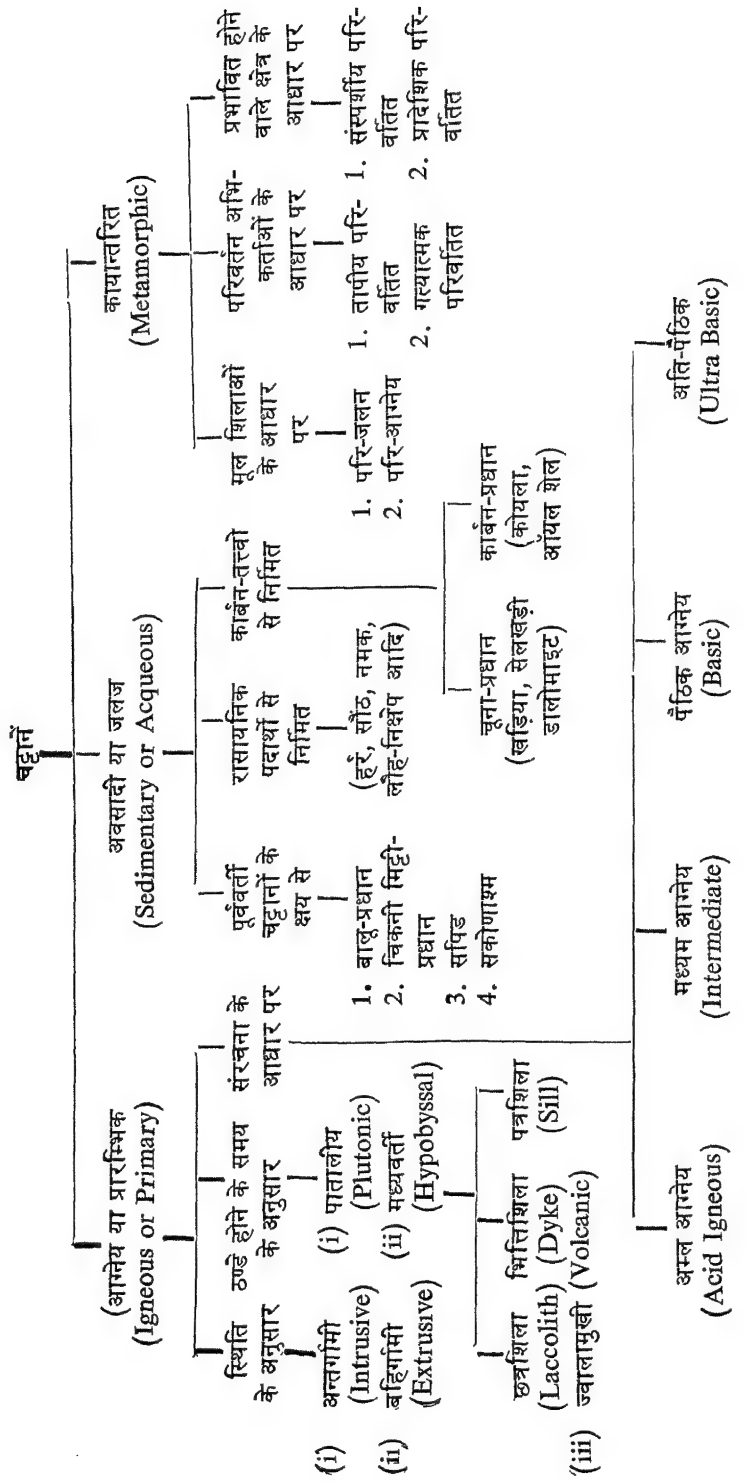


चित्र 224—आग्नेय चट्टानें बनाने की विधि (Magma) कहलाता है—जब किसी प्रकार भीतर से ऊपर को ठेल दिया जाता है और धीरे-धीरे ठण्डा होकर ठोस बन जाता है तो आग्नेय चट्टान का रूप धारण कर लेता है। यह एक सामान्य बात है कि कोई भी उष्ण द्रव-पदार्थ जब धीरे धीरे ठण्डा होकर घनीभूत होता है तो उसमें स्फाट या रवे (crystals) पड़ते हैं। आग्नेय चट्टानें भी चूँकि द्रव-पदार्थों से ठण्डी होकर बनती हैं इसलिए स्वाभाविक रूप से स्फाटीय (crystalline) होती हैं।

¹ "Igneous rocks are formed through the solidification of molten material."

—P. G. Worcestor

चट्टानों का वर्गीकरण



आग्नेय चट्टानें भू-पृष्ठ की प्राचीनतम चट्टानें हैं। इनका निर्माण अतीत में उस समय हुआ जबकि पृथ्वी पर कोई जीव अथवा वनस्पति नहीं थी। अतः इन चट्टानों में किसी भी प्रकार के अवशेष नहीं मिलते। पृथ्वी पर ये चट्टानें सर्वप्रथम बनी हैं, परन्तु फिर भी सभी आग्नेय चट्टानें प्राचीनतम नहीं हैं। ज्वालामुखी की क्रिया से आज भी इनका निर्माण-क्रम जारी है। इस प्रकार धरातल पर प्राप्त आग्नेय चट्टानें जहाँ कुछ बहुत ही पुरानी हैं वहाँ कुछ नवीन भी हैं। किन्तु इन चट्टानों का विशेष महत्त्व इस बात में है कि अन्य सभी प्रकार की चट्टानों की रचना प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से इन्हीं चट्टानों द्वारा हुई है। इसीलिए ये प्राथमिक चट्टानें (Primary Rocks) भी कही जाती हैं।

आग्नेय चट्टानों की विशेषता—आग्नेय चट्टानें जिन विशेषताओं के कारण अन्य चट्टानों से भिन्न हैं, वे इस प्रकार हैं।

(1) आग्नेय चट्टानों में कभी गोल कण नहीं होते। इन चट्टानों के टूटकर गिरने से ही गोल कण बनते हैं।

(2) इन चट्टानों में यद्यपि रवे होते हैं, परन्तु इन रवों का न तो आकार और सख्या आदि ही निश्चित होती है और न उनकी रचना में कोई क्रम ही देखा जाता है।

(3) इन चट्टानों में परतें नहीं होती। ये पूर्णतया सघन (Massive) होती हैं। किन्तु इनमें वर्गाकार जोड़े होती हैं। ये जोड़े ही चट्टानों के कमजोर स्थल होते हैं, जहाँ ऋतु-अपक्षय का प्रभाव होता है।

(4) ये चट्टानें कठोर तथा अरन्ध्र होती हैं, अतः जल का इन पर कोई प्रभाव नहीं होता। परन्तु विखण्डन (Mechanical weathering) के कारण ये टुकड़े-टुकड़े हो जाती हैं।

(5) इन चट्टानों में किसी भी प्रकार के प्राणीज अवशेष (fossils) नहीं पाये जाते।

आग्नेय चट्टानों की औसत खनिज रचना

क्रम संख्या	खनिज	ग्रेनाइट	बेसाल्ट
1	स्फटिक	31.3	—
2	फेल्सपार	52.3	46.7
3	अभ्रक	11.5	—
4	हार्नब्लेड	2.4	—
5	अगाइट	अल्प	36.9
6	ओलीवाइन	—	7.6
7	लोहा	2.0	6.5
8	अन्य	0.5	2.8

आग्नेय चट्टानों के भेद

यों तो सभी आग्नेय चट्टानें पृथ्वी के पिघले हुए पदार्थों के शीतल होकर जम जाने से बनी हैं, परन्तु स्थिति तथा संरचना के अनुसार इनके कई भेद हैं।

स्थिति के अनुसार आग्नेय चट्टानों के भेद

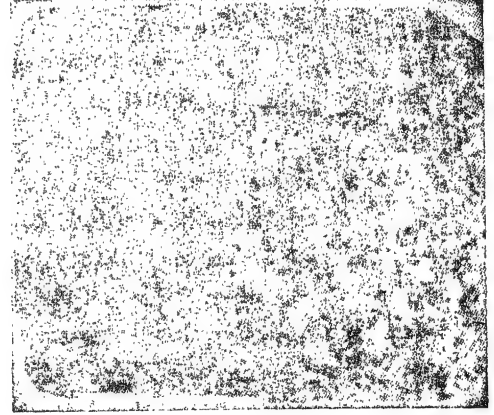
स्थिति के अनुसार चट्टानों के दो मुख्य भेद हैं :

(अ) अन्तर्भेदी चट्टानें (Intrusive rocks),

(ब) निस्स्रावी चट्टानें (Extrusive rocks)।

(अ) **अन्तर्भेदी चट्टानें (Intrusive Rocks)**—पृथ्वी के भीतर अत्यधिक ताप के कारण कठोर से कठोर पदार्थ भी पिघली हुई अवस्था में रहता है। इस पिघले हुए पदार्थ को शैलमूल या मैग्मा

(Magma) कहते हैं। जब किसी कारणवश यह मैग्मा उमड़ता है तो उसकी कुछ मात्रा धरातल पर बाहर आ जाती है और कुछ भीतर ही रह जाती है। अतः जो द्रव-पदार्थ पृथ्वी के गर्भ में ही जमकर ठोस हो जाता है उसे अन्तर्भूमी चट्टान कहा जाता है। भू-गर्भ में बनने के कारण ये चट्टानें बहुत धीरे-धीरे ठण्डी होती हैं। अतः इनमें बनने वाले रवे बहुत बड़े आकार के होते हैं। ग्रेनाइट, स्फटिक तथा फेल्सपार इस प्रकार की चट्टानों के विशिष्ट उदाहरण हैं। भू-पटल के उत्थापन अथवा अपरदन के बाद ही ये चट्टानें भूमि के ऊपर दृष्टि-गोचर होती हैं।



चित्र 225—ग्रेनाइट शैल (आग्नेय चट्टान)

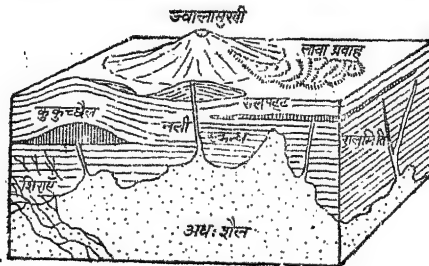
पृथ्वी के आन्तरिक भाग का पिघला हुआ पदार्थ जब कतिपय कारणों से बाहर निकलने को प्रेरित होता है तो वह पृथ्वी के कमजोर स्थलों को फोड़कर भारी विस्फोट के साथ धरातल पर बाहर आता है। भू-गर्भ से निकलने वाले इस द्रव-पदार्थ को लावा (Lava) कहते हैं।

प्रायः धरातल पर लावा का उभाड़ ज्वालामुखी अथवा अन्य विवरों द्वारा होता है। भू-गर्भ से धरातल की ओर आने वाला यह लावा भिन्न-भिन्न अवस्थाओं में शीतल होता है। ये अवस्थाएँ निम्न हैं :

- (1) लावा बिना ऊपर उठे अपने आधार-स्थल में ही शीतल हो जाता है।
- (2) भू-पटल की ओर अग्रसर होते समय मार्ग में प्राप्त सन्धियों अथवा संस्तरण-तलों (bedding planes) में ही जम जाता है।
- (3) भू-गर्भ से निकलकर धरातल पर घनीभूत हो जाता है।

इस प्रकार लावा के भिन्न भिन्न अवस्थाओं और भिन्न-भिन्न गहराइयों में शीतल होने के कारण उसमें लगने वाला समय भी भिन्न होता है। लावा के शीतल होने की अवधि के आधार पर अन्तर्भूमी आग्नेय चट्टानों को तीन उप-भागों में बांटा जा सकता है :

- (1) पातालीय चट्टानें (Plutonic Rocks)—‘प्लूटो’ (Pluto) यूनानी भाषा का एक शब्द है जिसका अर्थ ‘पाताल देवता’ है। उसी से ‘प्लूटोनिक’ (Plutonic) शब्द बना है। अतः



जो लावा भू-पटल पर बाहर न आकर भू-गर्भ की अतल गहराई में ही जमकर ठोस हो जाता है तो ऐसी चट्टानों को पातालीय चट्टानें (Plutonic rocks) कहा जाता है। अधिक गहराई में शीतल होकर जमने के कारण इन चट्टानों के निर्माण में बहुत अधिक समय लगता है अतः इनमें बनने वाले स्फाट (crystal) बहुत बड़े आकार के होते हैं। भू-गर्भ की इन पूर्णरूप से स्फाटीय चट्टानों का सबसे अच्छा उदाहरण

चित्र 226—आग्नेय चट्टानों के विभिन्न रूप ग्रेनाइट है।

भू-गर्भ में बनने वाली इन पातालीय चट्टानों के कई रूप होते हैं। इनका रूप मुख्यतः उस भू-भाग की रचना जिसमें लावा प्रवेश करता है तथा लावा के आयतन पर निर्भर करता है। भू-गर्भ में बने इस प्रकार के सबसे बड़े और सर्वसाधारण रूप को अधःशैल (Batholith) कहा जाता है। इस अधःशैल का रूप एक बड़े गुम्बज (dome shaped) के समान होता है, जिसके किनारे खड़े होते हैं। अधःशैल के रूप में ये विशाल अन्तर्भेदी शिलाएँ हजारों मील लम्बी, सैकड़ों मील चौड़ी तथा अज्ञात गहराई तक फैली हुई पायी जाती हैं। इनका आधार कभी दिखाई नहीं देता। जब कभी अधःशैल का आकार छोटा होता है तो उसे रालोथ या स्कंध (Stock) कहते हैं। गोलाकार स्वरूप वाली अधःशैल वृत्तस्कंध या उत्तिष्ठ (boss) कहलाती है।

अधःशैल सामान्यतः ग्रेनाइट की बनी होती है। धरातल के ऊपर की अन्य शिलाओं के घिसकर हट जाने पर ही ये धरातल पर दृष्टिगोचर होती हैं। ये अधिकतर प्राचीन पठारी भागों (Shield lands) में मिलती हैं। भारत में ऐसी चट्टानें अनेक भागों में पायी जाती हैं। राँची के पठार तथा सिहभूमि की ग्रेनाइट चट्टानें इसी प्रकार की हैं। राजस्थान का इरिनपुरा ग्रेनाइट भी इसका अच्छा उदाहरण है।

(2) मध्यवर्ती चट्टानें (Hypsobysal rocks)—भू-गर्भ से निकलने वाला लावा जब धरातल पर बाहर आने में असमर्थ रहता है तो वह मार्ग में मिलने वाली अवसादी चट्टानों की सन्धियों एवं सन्तरण-तलों में फैलकर जम जाता है। अतः ऐसी चट्टानें जो पातालीय चट्टानों के ऊपर तथा निम्नार्ध चट्टानों के नीचे परतदार चट्टानों के बीच लावा के ठोस हो जाने से बनती हैं वे मध्यवर्ती चट्टानें (Hypsobysal rocks) कहलाती हैं। ये चट्टानें भू-पटल से कुछ ही गहराई पर बनती हैं, इसलिए इनके ठण्डे होने में पातालीय चट्टानों की अपेक्षा कम समय लगता है। फलस्वरूप इन चट्टानों में बनने वाले रवे कुछ छोटे आकार के होते हैं। मार्ग में लावा जब प्रस्तर-भूत चट्टानों के मध्य जमता है तो वह लम्बवत दीवार, पुल अथवा वीक्ष आदि के आकार में जमता है, अतः इन चट्टानों के कई रूप देखे जाते हैं। इन चट्टानों के सामान्य रूप निम्न हैं।

(i) कुकुच्छैल या छत्रक (Laccolith)—‘Laccolith’ शब्द ‘Laccas’ और ‘Lithas’ से मिलकर बना है। ‘Laccas’ का अर्थ भण्डार से है और ‘Lithas’ का पत्थर से, अतः छत्रशिला से आशय ‘पत्थर के भण्डार’ से है। पृथ्वी के गर्भ में पत्थर के ऐसे भण्डार छत्रक के रूप में मिलते हैं, इसीलिए इनको कुकुच्छैल या छत्रक (Laccolith) कहा जाता है।

(ii) मसूर शैल (Phacolith)—कभी-कभी परतदार चट्टानों की परतों के अपनति (anticline) और अभिनति (syncline) के मध्य रिक्त स्थान में लावा का समावहन (Influx) हो जाता है। इस प्रकार बनी चट्टानों को मसूर शैल (Phacolith) कहते हैं। इनका आकार भी वीक्ष (lens) की भाँति होता है।

(iii) न्युदुब्ज शैल (Lapolith)—प्रस्तर-भूत चट्टानों की परतों में लावे का समावहन जब तश्तरीनुमा आकार ग्रहण कर लेता है तो उसको न्युदुब्ज शैल (Lapolith) कहते हैं। दक्षिणी अफ्रीका में ट्रांसवाल के भीतर 300 मील लम्बी न्युदुब्ज शैल देखी जाती है।

(iv) रालभित्ति (Dike)—बाहर निकलते समय लावा जब मार्ग में प्रस्तर-भूत चट्टानों के मध्य एक लम्बवत दीवार अथवा बाँध के रूप में जम जाता है तो उसे रालभित्ति (Dike) कहते हैं। सामान्यतया यह उन चट्टानों से जिनमें लावा प्रवेश करता है, अधिक कठोर होती है। ये लम्बवत अथवा झुकी हुई दीवार की आकृति की होती हैं। कहीं-कहीं इनकी आकृति अँगूठी के सदृश होती है। अधिकांशतः रालभित्ति धरातल के ऊपर दीवार अथवा श्रेणियों के रूप में निकली हुई मिलती है। बिहार के सिहभूमि जिले में डोलेराइट की असंख्य रालभित्तियाँ मिलती हैं जो

नवीनतम डोलराइट (Newer dolerite) के नाम से विख्यात है। संयुक्त राज्य अमरीका में मुद्रिका रालभित्ति (ring dike) क्लीवलैण्ड रालभित्ति के नाम से प्रसिद्ध है।

(v) **रालपट्ट (Sill)**—जब लावा प्रस्तरीभूत चट्टानों की परतों में प्रवेश कर समान्तर तहों के रूप में जम जाता है तो उसे रालपट्ट (Sill) कहा जाता है। साधारणतः यह रालभित्ति अथवा ज्वालामुखी की नली (Pipe) से सम्बन्धित होता है। यह कुछ से लेकर कई सौ फुट तक मोटी हो सकती है। न्यूयॉर्क के निकट स्थित पैलसेड रालपट्ट का सर्वोत्तम उदाहरण है। पैलसेड रालपट्ट 100 मील लम्बी एक सीधी पहाड़ी के रूप में स्थित है। भारत में इस प्रकार के रालपट्ट मध्य प्रदेश के कोरिया तथा बिहार एवं पश्चिमी बंगाल की कोयले की खदानों में देखे जाते हैं। रालपट्ट की जड़ मोटाई कम होती है तो उसे चादर (Sheet) कहा जाता है।

(ब) **निःस्त्रावी चट्टानें (Extrusive Rocks)**—कभी-कभी पृथ्वी के भीतर का द्रव-पदार्थ किसी कारणवश बाहर निकलकर भू-पृष्ठ पर जम जाता है। भू-पृष्ठ पर द्रव-पदार्थ के जमने से बनी चट्टानों को ही बाध्य अथवा निःस्त्रावी आग्नेय चट्टानें (extrusive igneous rocks) कहा जाता है। ज्वालामुखी उद्भेदन के समय निकलने वाले लावे से भी इसी प्रकार की चट्टानें बनती हैं। लावा से निर्मित चट्टानों को ज्वालामुखी चट्टानें (volcanic rocks) कहते हैं। ज्वालामुखी उद्गार के समय ठोस अवस्था में बाहर निकलने वाले पदार्थ जैसे ब्रेसिया लेपिली, ज्वालामुखी बम्ब व ज्वालामुखी राख आदि भी निःस्त्रावी आग्नेय चट्टानें हैं।¹ पिघला हुआ द्रव-पदार्थ बाहर धरातल पर आकर बहुत शीघ्र ठण्डा हो जाता है। अतः इन चट्टानों में प्रायः रवे नहीं पाये जाते हैं। इसलिए ये चट्टानें अस्फटिय (non-crystalline) चट्टानें कहलाती हैं। लावा-निर्मित चट्टान का सबसे अच्छा उदाहरण बेसाट्ट है। लावा एक तरल पदार्थ है। यह तारकोल की भाँति बहता है। ज्वालामुखी विवरों से निकलने वाले लावा ने धरातल के विस्तृत भागों को ढक रखा है। संयुक्त राज्य अमरीका में कोलम्बिया का पठार तथा दकन के पठार का उत्तरी-पश्चिमी भाग लावा प्रवाहों के कारण ही बने हैं। ग्रेबो, ओबसीडियन एवं बेसाट्ट बाह्य अथवा निःस्त्रावी आग्नेय चट्टानों के विशिष्ट उदाहरण हैं। इस प्रकार की चट्टानें अधिकतर महासागरीय ज्वालामुखियों एवं द्वीपों में पायी जाती हैं। इनमें क्षार कम किन्तु लोहा, चूना और मैग्नेशियम की मात्रा अधिक होती है।

संरचना के अनुसार आग्नेय चट्टानों के भेद

यद्यपि सभी आग्नेय चट्टानों की रचना पिघले हुए शैलमूल अथवा लावा द्वारा होती है, किन्तु उनकी रासायनिक संरचना भिन्न-भिन्न होती है। इन चट्टानों की संरचना में विभिन्न तत्वों का विभिन्न अनुपात में मिश्रण होता है। सिलिका आग्नेय चट्टानों का एक आवश्यक तत्व है। इसका अल्पाधिक मात्रा में मिश्रण अवश्य रहता है। सिलिका की मात्रा के आधार पर आग्नेय चट्टानों के मुख्य दो भेद हैं :

(अ) अम्ल आग्नेय चट्टानें (Acid Igneous Rocks),

(ब) पैठिक आग्नेय चट्टानें (Basic Igneous Rocks)।

(अ) **अम्ल आग्नेय चट्टानें**—जब आग्नेय चट्टानों में सिलिका की मात्रा 65 प्रतिशत से अधिक होती है तो उन्हें अम्ल आग्नेय चट्टानें कहते हैं। इनमें जब सिलिका की मात्रा 55 से 65 प्रतिशत होती है तो उन्हें मध्यम अम्ल आग्नेय चट्टानें (Intermediate Acid Igneous Rocks) कहा जाता है।

अम्ल चट्टानें सामान्यतः पृथ्वी की ऊपरी परत सियाल में मिलती हैं। ये हल्के रंग की होती हैं। प्रायः इनका रंग पीला और फीका होता है। इनमें सिलिका की मात्रा 75 प्रतिशत से अधिक होती है। इनमें लोहे तथा मैग्नेशियम की कमी तथा बिल्लौर एवं फेल्सपार की अधिकता

¹ Longwell, Knopf and Flint : *Physical Geology*, p. 293

होती है। ये ठोस पिण्ड रूप में उपलब्ध होती हैं। इनके ऊपर ऋतु-अपक्षय (weathering) का बहुत कम प्रभाव होता है। अतः इन चट्टानों का इमारतों के निर्माण में उपयोग किया जाता है। ग्रेनाइट इसी प्रकार की चट्टान है। इन चट्टानों में बालू सिलिका की मात्रा अधिक होती है, अतः इनका पिघला हुआ पदार्थ शीघ्र जम जाता है। फलस्वरूप इनसे पर्वतों की रचना होती है।

(ब) पैठिक आग्नेय चट्टानें (Basic Igneous Rocks)—इन चट्टानों में सिलिका की मात्रा अम्ल चट्टानों से कम होती है। जब आग्नेय चट्टानों में सिलिका की मात्रा 45 से 55 प्रतिशत तक होती है तो उन्हें पैठिक आग्नेय चट्टानें कहते हैं। जिन चट्टानों में सिलिका की मात्रा 45 प्रतिशत से भी कम होती है तो उन्हें अति-पैठिक आग्नेय चट्टानें (ultra-basic igneous rocks) कहा जाता है।

ये चट्टानें अम्ल चट्टानों से भारी होती हैं। अतः ये पृथ्वी के सीमा वाले भाग में मिलती हैं। इन चट्टानों में क्षार पदार्थ का अभाव होता है। इनमें लोहे के ऑक्साइड, एल्यूमीनियम एवं चूने की अधिकता होती है। इनका रंग गहरा और काला होता है। इन चट्टानों में बालू और सिलिका की मात्रा कम होती है जिससे पिघली हुई अवस्था में ये चट्टानें बहुत देर से जमती हैं। विलम्ब से जमने के कारण ये धरातल पर फैल जाती हैं और इनसे पर्वतों की रचना नहीं होती। इसके विपरीत ये पठारों की रचना करती हैं। दकन का पठार, आस्ट्रेलिया का पठार और अवीसीनिया का पठार इसके उदाहरण हैं। बेसाल्ट मुख्य पैठिक चट्टान है। यह ग्रेनाइट से अधिक ऊँचे तापमान पर पिघलती है, परन्तु यह ऋतु-अपक्षय से बहुत शीघ्र और अधिक प्रभावित होती है। ये चट्टानें शीघ्र टूट जाती हैं इसीलिए भवन-निर्माण में इनका बहुत कम उपयोग होता है।

प्रमुख आग्नेय चट्टानों का परिचय

ग्रेनाइट (Granite)—यह एक कठोर चट्टान है जो भू-गर्भ में मैग्मा के जमने से बनती है। इसमें अभ्रक, फेल्सपार और स्फटिक आदि खनिज मिलते हैं। इसमें सैकता की मात्रा 65 से



चित्र 227—ग्रेनाइट चट्टानों में जोड़

80 प्रतिशत तक होती है। इसके खनिज-कण खुरदुरे होते हैं। इसकी सतह पर सन्धियाँ पायी जाती हैं। यह भवन-निर्माण के लिए विशेष उपयोगी है। हार्नब्लेण्ड, रायोलाइट, प्यूमिस, आब्सिडियन तथा पिचस्टोन ग्रेनाइट वर्ग की मुख्य चट्टानें हैं।

डायोराइट (Diorite)—यह ग्रेनाइट से अधिक भारी चट्टान है। इसकी रचना मुख्यतः फेल्सपार और हार्नेब्लेण्ड खनिजों से होती है। इसमें बायोराइट और ओगाइट के अणु भी मिल सकते हैं। इसमें स्फटिक नहीं होता। इसके कण समान होते हैं।

गैब्रो (Gabbro)—यह एक भारी पातालीय चट्टान है। इसकी रचना फेल्सपार तथा ओगाइट खनिजों से होती है। प्रायः इसका रंग काला होता है। इसमें सैकता का अंश 40 से 50 प्रतिशत तक रहता है। इसमें छुरदुरे तथा समान दोनों प्रकार के कण मिलते हैं।

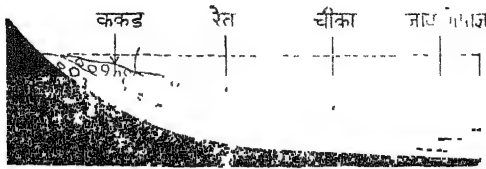
पेरीडोटाइट (Peridotite)—यह बहुत ही महत्वपूर्ण चट्टान है। इसमें ओगाइट अथवा ओलीवाइन खनिज मिलते हैं। इस चट्टान में क्रोमियम, निकिल तथा प्लैटीनम जैसी मूल्यवान् धातुएँ पायी जाती हैं।

राओलाइट (Rhyolite)—यह बहुत ही उम्दा रवों से बनी हुई चट्टान है जिसमें फेल्सपार, स्फटिक तथा बायोराइट खनिज मिलते हैं। ऐसे चट्टाने जोधपुर के समीप मालानी और सौराष्ट्र में गिरिनार पर्वत पर मिलती हैं।

बेसाइट (Basalt)—यह गैब्रो नामक चट्टान का ज्वालामुखी प्रतिरूप है। इसकी बनावट अच्छे महीन रवों से होती है। फेल्सपार के अच्छे रवे इसकी सतह पर मिलते हैं। यह भारी होती है और इसका रंग भूरा या काला होता है। इसमें खनिजों को पहचानना कठिन होता है। प्रायः इसमें ओगाइट, ओलीवाइन व मेग्नेटाइट खनिज मिलते हैं।

(ख) अवसादी चट्टानें (Sedimentary Rocks)

धरातल पर पायी जाने वाली अधिकांश चट्टानें अवसादी चट्टानें हैं। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि पृथ्वी के धरातल का लगभग 75% भाग इन्हीं चट्टानों द्वारा घिरा हुआ है और शेष



चित्र 228—अवसादी चट्टानों के निर्माण की प्रक्रिया

25% भाग में आग्नेय तथा कायान्तरित चट्टानें फैली हुई हैं। इस प्रकार भू-पटल पर अवसादी चट्टानों का फैलाव ही अधिक है। फिर भी ये चट्टानें भू-पृष्ठ का बहुत कम भाग बनाती हैं, क्योंकि इनका घनत्व बहुत कम है और ये केवल धरातल के ऊपर ही फैली हुई हैं। इसके विपरीत धरातल के नीचे गहराई में केवल आग्नेय व कायान्तरित चट्टानें मिलती हैं जो घनत्व में अधिक हैं। इस प्रकार भू-पृष्ठ को बगाने वाली यदि सभी चट्टानों के योग को लिया जाय तो उसमें 95 प्रतिशत भाग आग्नेय चट्टानों का तथा 5 प्रतिशत भाग अवसादी चट्टानों का होगा। किन्तु अपने विस्तार के कारण अवसादी चट्टानें ही वस्तुतः धरातल पर विभिन्न भू-आकार प्रस्तुत करती हैं।¹

प्रारम्भ में जब पृथ्वी द्रव अवस्था में थी तब अवस्था को प्राप्त हुई तो पृथ्वी के प्रायः सभी भाग आग्नेय चट्टानों द्वारा निर्मित थे। उस काल में धरातल पर परतदार चट्टानों का कोई चिह्न नहीं था। अपक्षय के प्रभाव से धीरे-धीरे आग्नेय चट्टानों का अपरदन प्रारम्भ हुआ, जिससे आग्नेय चट्टानें टूटकर चूर्ण रूप में बदलने लगीं। आग्नेय चट्टानों का यही क्षय पदार्थ या चूर्ण पवन अथवा जल के द्वारा एक स्थान से दूसरे स्थान को जमा किया जाने लगा। अतः धरातल पर पायी जाने

¹ Longwell, Knopf and Flint : *Physical Geology*, p. 253

वाली परतदार चट्टाने वे ही हैं जो कि अवसाद (sediments) के रूप में कही जमा की गयी हैं। अंग्रेजी शब्द 'sedimentary' लैटिन भाषा के 'sedimentum' शब्द से बना है जिसका अर्थ नीचे बैठने (sitting down) से होता है। अस्तु, वे सभी चट्टाने जो चट्टान चूर्ण के एकत्र होकर जमा हो जाने से बनी हैं, अवसादी चट्टाने कहलाती हैं। बारबेस्टर के अनुसार, अवसादी चट्टानें, जैसा कि अवसाद का तात्पर्य है, मुख्यतः प्राचीन चट्टानों के टुकड़ों और खनिजों के किसी न किसी रूप में संगठित हो जाने तथा परतों में व्यवस्थित हो जाने से बनती हैं। "Sedimentary Rocks, as the sediment implies, are composed largely of fragments of older rocks, and minerals, that have been more or less thoroughly consolidated and arranged in layers or strata."¹ अवसाद का जमाव दो प्रकार से होता है—पवनो द्वारा अथवा नदियों द्वारा। पवन और नदियाँ क्षय पदार्थों को एक स्थान से हटाकर दूसरे स्थान पर जमा कर देती हैं, इसमें कुछ निक्षेप तो भूमि पर ही होता है, परन्तु अधिकतर निक्षेप झीलों अथवा समुद्रों के गर्भ में होता है। क्षय पदार्थों में रेत, कंकड़, काप आदि सभी वस्तुएँ रहती हैं। नदियाँ इनमें से कुछ पदार्थों को अपनी घुलन शक्ति (solution power) द्वारा और कुछ अन्य पदार्थों को अपनी प्रवाह-शक्ति द्वारा समुद्र में पहुँचाती रहती हैं। समुद्र में इनका निक्षेप रामान्तर रूप से होता है, परन्तु निक्षेप के समय इनके कण अपने आकार और बोझ के अनुसार छंटते रहते हैं। पहले भारी और मोटे कण, इनके आगे रेत और फिर काँप आदि जमते हैं। यह क्रम बराबर बना रहता है। इस कारण एक स्थान पर एक ही वजन और आकार के पदार्थ जमा होते हैं। कभी-कभी यह निक्षेप हजारों फुट तक पहुँच जाता है। वजन और आकार के अनुसार कणों के निक्षेप में परतों का निर्माण होता है। परतों का निर्माण होने से ही इन चट्टानों को परतदार चट्टाने (Stratified rocks) भी कहा जाता है।

यद्यपि यह सही है कि परतदार चट्टानों का निर्माण आग्नेय चट्टानों के क्षय पदार्थों के द्वारा ही होता है किन्तु समुद्र में रहने वाले जीव-जन्तु और उसके अन्दर पायी जाने वाली वनस्पति भी इनके निर्माण में काफी योग देती है। कई समुद्री जीवों के शरीर के खोल की रचना समुद्र में पाये जाने वाले रासायनिक तत्वों से होती है। अतः जब ये जीव मर जाते हैं तो लहरो द्वारा इनके शरीर का क्षय होने लगता है और धीरे-धीरे चूर्ण होकर समुद्र में जम जाता है। इसी प्रकार वनस्पति भी सड़-गलकर पानी में घुल जाती है और फिर पदे में बैठ जाती है। कालान्तर में ये ही पदार्थ परतदार चट्टानों का रूप ले लेते हैं।

समुद्र के अन्दर ज्यो-ज्यो निक्षेपित पदार्थों की मात्रा बढ़ती जाती है त्यों-त्यों निचली परतों पर उसका दबाव बढ़ता जाता है। दबाव बढ़ने से ये परतें कठोर हो जाती हैं। परन्तु इतने दबाव पर भी परतों के कणों के बीच छोटे-छोटे छिद्र रह जाते हैं। चट्टानों की परतों के कणों में ये छिद्र शरीर के रोम-कूपों के समान ही होते हैं। प्रायः इन रोम-छिद्रों से धरातल का पानी टपकता रहता है और इस पानी के साथ चूना (calcium carbonate) तथा अन्य रासायनिक पदार्थ भी आते रहते हैं, जो छिद्रों के रिक्त-स्थानों में एकत्रित होकर अलग कणों को एक ठोस चट्टान के रूप में जोड़ देते हैं।

परतदार चट्टानों की विशेषता

(1) यदि इन चट्टानों को चाकू अथवा किसी कठोर पदार्थ से खुरचा जाय तो इन चट्टानों पर एक धारी बन जायगी और धारी चूर अलग हो जायगी। अब यदि इस चूर को सूक्ष्मदर्शक

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 69

यन्त्र से देखा जाय तो स्पष्ट ज्ञात होगा कि इस चूर में छोटे-बड़े अनेक सूक्ष्म कण विद्यमान होते हैं। इन सूक्ष्म कणों का विशेष निरीक्षण करने पर यह भी विदित होगा कि ये कण विभिन्न प्रकार के खनिज पदार्थों से प्राप्त हुए हैं। इस प्रकार परतदार चट्टानें भिन्न-भिन्न रूप की होती हैं और छोटे-बड़े भिन्न-भिन्न कणों से निर्मित होती हैं।

(2) इन चट्टानों की दूसरी विशेषता यह है कि इसमें बहुत-सी परतें अथवा स्तर (layers) होते हैं जो एक के ऊपर एक समतल रूप से जमे होते हैं। इन परतों की विशेषता ही इन चट्टानों को आग्नेय चट्टानों से अलग करती है।

(3) इन चट्टानों में वनस्पति तथा जीव-जन्तुओं के अवशेष पाये जाते हैं। ये प्राणीज अवशेष प्रायः दो परतों के बीच दबे रहते हैं। इन अवशेषों से चट्टानों के बनने के स्थान व समय का पूर्ण ज्ञान हो जाता है।

(4) समुद्र-जल में निर्मित होने के कारण इनमें लहरो और धाराओं के चिह्न, एक-दूसरे को काटती हुई क्यारियाँ, पगडण्डियाँ और चूहों के बिल उसी तरह प्राप्त होते हैं जैसे कि समुद्रतट की बालू में मिलते हैं।

(5) ये चट्टानें अपेक्षाकृत मुलायम होती हैं। इनमें रवे नहीं होते। ये चट्टानें अपरदन से शीघ्र प्रभावित होती हैं।

(6) इन चट्टानों में जोड़ तथा सन्धियाँ होती हैं। ये जोड़ें मुख्यतः संयोजक तल (bedding planes) से लम्बवत् होती हैं।

(7) भू-पटल का अधिकांश क्षेत्र अवसादी चट्टानों से घिरा हुआ है किन्तु गहराई में ये कम देखी जाती हैं। इसीलिए डा० हुबे का यह कथन सही है कि "The sedimentary rocks are important for extent and not for depth in earth crust."

(8) कई बार अवसादी चट्टानों का निर्माण नदियों द्वारा लायी हुई पंक मिट्टी से होता है। ऐसी चट्टानों में सूर्य की किरणों द्वारा बड़ी-बड़ी दरारें पड़ जाती हैं जिनका आकार प्रायः बहुभुज के समान होता है। इन दरारों को पंक कटन (mud crack) कहा जाता है। कठारी भाग में इन दरारों के कारण कभी-कभी हल चलाना कठिन हो जाता है।

अवसादी चट्टानों की औसत खनिज रचना

खनिज	बालुका प्रस्तर	शैल	चूने का पत्थर
स्फटिक	69.8	31.9	3.7
फेल्सपार	8.4	17.6	2.2
अम्लक	1.2	18.4	—
चीका	6.9	10.0	1.0
क्लोराइट	1.1	6.4	—
केल्साइट एवं डोलोमाइट	10.6	7.9	92.8
लोहा	1.7	5.4	0.1
अन्य	0.3	2.4	0.3

अवसादी चट्टानों के भेद

अवसादी चट्टानों को उनकी निर्माण-विधि के अनुसार चार बड़े भागों में विभक्त किया जा सकता है।

- पूर्ववर्ती चट्टानों के क्षय पदार्थों से निर्मित चट्टाने,
- जल में घुले हुए रसायनों से निर्मित चट्टाने,
- कार्बनिक तत्वों से निर्मित चट्टाने,
- विभिन्न साधनों द्वारा निर्मित चट्टाने।

(अ) पूर्ववर्ती चट्टानों के क्षय पदार्थों से निर्मित चट्टानें—अपक्षय के कारण धरातल की चट्टानों का बराबर विखण्डन होता रहता है। विखण्डन के कारण चट्टानें चूर-चूर हो जाती हैं। परिवहन की शक्तियाँ (transporting agents), जलधाराएँ, वायु और हिमनदी आदि चट्टानों की इस चूर को अपनी प्रवाह-शक्ति से बहा ले जाती हैं और अन्य स्थानों पर जमा कर देती हैं। परन्तु जमा करने की इस क्रिया में एक क्रम होता है। पहले भारी और कुछ बड़े पदार्थ फिर छोटे तथा हल्के पदार्थ जमा होते हैं अर्थात् शिला-चूर अपने भारीपन के अनुसार जमा होती रहती है। परिवहन की शक्तियों द्वारा बहाकर लाये इस शिला-चूर में प्रायः बालू तथा चिकनी मिट्टी के कण मिले होते हैं। अतः चट्टान चूर्ण की बनावट के अनुसार इन चट्टानों के निम्न भेद किये जा सकते हैं :

(i) बालू-प्रधान चट्टानें (Arenaceous)—वे चट्टानें जिनमें बालू और बजरी की अधिकता होती है, बलुही चट्टानें (arenaceous) कहलाती हैं। इन चट्टानों में स्फटिक (quartz) की प्रधानता पायी जाती है। स्फटिक कठोर खनिज होने के कारण इसके कण आकार में बड़े होते हैं। स्फटिक के समान अन्य खनिज भी इन चट्टानों में मिले रहते हैं। पानी में घुली मिट्टी, चूना, सिलिका तथा लोहा के प्रभाव से ये कण आपस में मिलकर कठोर हो जाते हैं और चट्टान के रूप में बदल जाते हैं। ऐसी चट्टानों में बालुकाप्रस्तर (sand stone), शैल और कंकण सबसे मुख्य हैं। ये चट्टानें अत्यधिक रन्ध्रपूर्ण (porous) होती हैं। अतः ये सदैव ही जलपूर्ण रहती हैं। इस जल को कुएँ खोदकर प्राप्त किया जा सकता है। कठोर तथा टिकाऊ होने के कारण ये चट्टानें भवन-निर्माण कार्यों में प्रयुक्त की जाती हैं।

(ii) चिकनी मिट्टी-प्रधान चट्टानें (Argillaceous)—वे चट्टानें जिनमें बालू की अपेक्षा चिकनी मिट्टी के कणों की अधिकता होती है, चिकनी मिट्टी-प्रधान चट्टानें (argillaceous) कहलाती हैं। बारीक-बारीक मिट्टी के कणों के जमाव से बनने के कारण इन चट्टानों में रन्ध्र बहुत कम होते हैं। अतः इनको भेद कर पानी नीचे नहीं जा सकता। ये चट्टानें अभेद्य (non-porous) होती हैं। ये चट्टानें प्रायः कीचड़ के ठोस होने से (mudstones) बनती हैं। ये बड़ी मुलायम और कमजोर होती हैं, इस कारण मौसमी क्षति के प्रभाव तथा अपक्षरण के कारण बहुत शीघ्र घिसकर टूट जाती हैं। भू-पटल पर जहाँ कहीं भी ऐसी चट्टानें पायी जाती हैं वहाँ प्रायः निम्न प्रदेश की रचना हो जाती है। कमजोर होने के कारण इन चट्टानों का भवन-निर्माण कार्यों में प्रयोग नहीं होता। शैल (Shale) इस वर्ग की सबसे महत्वपूर्ण चट्टान है। इनमें चिकनी मिट्टी की बहुत-सी किस्में पायी जाती हैं जो मिट्टी के बर्तन तथा ईंटे बनाने के काम में लायी जाती हैं। उपर्युक्त दो किस्मों के अतिरिक्त निम्न चट्टानें भी उक्त चट्टानों से मिलती-जुलती हैं।

(iii) सपिण्डाश्म (Conglomerate)—ये भी बलुही चट्टानों से मिलती-जुलती हैं। जब बजरी (Gravel) और अष्ट्रीला (Pebbles) जैसे गोलाकार चट्टानी टुकड़े रेतीले पदार्थ से परस्पर चिपककर चट्टान बन जाते हैं तो उसे सपिण्ड (conglomerate) चट्टान कहा जाता है।

(iv) संकोणाश्म (Breccia)—संकोणाश्म भी उपरोक्त किस्म का ही एकत्रित पदार्थ है। ये नुकीले चट्टानी टुकड़ों के मिलने से बनती हैं। रेत इनको जोड़ने में सीमेण्ट का काम करता है।

(ब) जल में घुले हुए रासायनिक पदार्थों से निर्मित चट्टानें—बहता हुआ जल अपनी विलयन-शक्ति (solution power) के कारण चट्टानों से बहुत सारे रासायनिक तत्व ग्रहण कर लेता है और फिर उन्हें झरनों के मुहानों तथा खारी झीलों में एकत्रित कर देता है। जब पानी भाप बनकर उड़ जाता है तो ये रासायनिक पदार्थ त्यों के रूप में जमे रह जाते हैं और कालान्तर में चट्टानें बन जाते हैं। चट्टानी-लवण (rock salt), शोरा, पोटैशियम, नमक, हर्सॉठ (gypsum),

ओलाइट (oolite), लौह-निक्षेप (iron deposits) तथा अश्चुताश्म और निश्चुताश्म आदि सब ऐसी ही चट्टानें हैं।¹

(स) कार्बोनिफ तत्त्वों से बनी चट्टानें (Carbonaceous Rocks)—कभी-कभी जीव-जन्तुओं तथा पेड़-पौधों के नष्ट हो जाने पर और उनके भूमि के नीचे दब जाने से ये अवशेष अस्थि-पंजर धीरे-धीरे ऊपरी दबाव तथा गर्मी के कारण कठोर होकर चट्टान के रूप में बदल जाते हैं। कोयला (coal), चूने का पत्थर (lime stone), मूँगे की चट्टान (coral-reef) आदि इसी प्रकार बनी हुई चट्टानें हैं। परन्तु इस प्रकार बनी चट्टानों में किसी में चूने की प्रधानता होती है और किसी में कार्बन की।

चूने तथा कार्बन की मात्रा के अनुसार इन चट्टानों के निम्न दो भेद किये जाते हैं :

(i) चूना-प्रधान चट्टानें (Calcareous Rocks)—चूना-प्रधान चट्टानें जल में घुले हुए चूने तथा जीव-जन्तुओं के अवशेषों से बनती हैं। इसके बनने के लिए सबसे उपयुक्त स्थान समुद्र है। समुद्रों में जलचारी जीवों के ढाँचे एक के ऊपर एक बराबर एकत्रित होते रहते हैं। जीवों का भी जमाव कालान्तर में चूने की चट्टान (lime stone) बन जाता है। अधिकतर ऐसी चट्टानें उष्ण तथा शीतोष्ण कटिबन्ध के समुद्रों में बनती हैं जहाँ जीवों तथा वनस्पतियों के योग्य प्रचुर मात्रा में भोजन तथा उपयुक्त तापमान रहते हैं। इसी कारण ये चट्टानें इन्हीं भागों में बहुलता से मिलती हैं। इन चट्टानों में बालू तथा मिट्टी के भिन्न अनुपात में मिल जाने पर इनके कई भेद हो जाते हैं, जैसे खड़िया, सेलखड़ी, डोलोमाइट आदि। इनमें से कुछ चट्टानें नरम तथा रन्ध्रमय होती हैं और कुछ ठोस तथा कठोर। खड़िया (chalk) एक रन्ध्रमय चट्टान है परन्तु डोलोमाइट (dolomite) एक कठोर तथा अरन्ध्र चट्टान है।

साधारणतः चूने का पत्थर घुलनशील होता है। इसलिए इन चट्टानों पर अपक्षय (weathering) का प्रभाव बहुत शीघ्र होता है। नरम होने के कारण इसको इच्छानुसार आकार दिया जा सकता है। इस कारण भवन-निर्माण में इसका बहुत प्रयोग होता है। इससे सीमेण्ट भी बनाया जाता है। यह लोहा गलाने में भी काम आता है।

(ii) कार्बन-प्रधान चट्टानें (Carbonaceous Rocks)—वे चट्टानें जिसमें कार्बन तत्त्वों की अधिकता होती है; कार्बन-प्रधान चट्टानें कहलाती हैं। ये चट्टानें अधिकतर पेड़-पौधों के अवशेषों से बनती हैं। वनस्पति तत्त्वों के अंश दबाव तथा गर्मी के प्रभाव से जमकर चट्टान बन जाती हैं। कोयला (coal) तथा ऑयल शैल (oil shale) कार्बन-प्रधान चट्टानों के प्रमुख उदाहरण हैं।

(iii) सिलिका-प्रधान चट्टानें (Silicious Rocks)—जब चट्टानों में सिलिका की मात्रा अधिक होती है तो उसे सिलिका-प्रधान चट्टानें कहा जाता है। इनकी रचना मुख्यतः रेडियोलेरिया तथा स्पंज जीवों एवं डायटम पौधों के अवशिष्ट भाग के जमने से होता है। प्रायः गेसर (geyser) के आसपास सफेद, भूरा अथवा पीले रंग के गेसराइट का जमाव देखा जाता है। यह गेसराइट जमाव सिलिका का ही जमाव होता है।

(द) विभिन्न साधनों द्वारा निर्मित चट्टानें—अवसादी चट्टानों के निर्माण में मुख्यतः जल, हवा, हिमानी तथा समुद्री लहरों का विशेष हाथ रहता है। अतः चट्टानों के निर्माण के इन विभिन्न साधनों के अनुसार अवसादी चट्टानों को निम्न उप-भागों में विभाजित किया जाता है :

(1) जलज चट्टानें (Aquious Sedimentary Rocks)—अंग्रेजी में प्रयुक्त 'aquious' शब्द लैटिन शब्द 'aqua' से बना है जिसका अर्थ जल से होता है। अतः वे सभी अवसादी चट्टानें जिनका निर्माण जल द्वारा हुआ है, जलज चट्टानें कहलाती हैं। धरातल की अधिकांश

¹ A. K. Loback : *Geomorphology*, p. 48

अवसादी चट्टानें वस्तुतः जलज चट्टानें ही हैं, क्योंकि इनकी रचना मुख्यतः नदियों द्वारा अवसाद को बहाकर अन्यत्र समुद्र, झीलें आदि जमा कर देने से ही हुई है। अवसाद के जमाव के स्थान के अनुसार इनके तीन उप-भाग किये जा सकते हैं : (i) समुद्री चट्टानें (Marine Rocks)—जब नदियों द्वारा अवसाद का निक्षेप समुद्रों में किया जाता है तो उसे समुद्री चट्टानें कहा जाता है। समुद्रों में अवसाद का जमाव उनके कर्णों के आधार और भार के अनुसार होता है। (ii) झीलकृत चट्टानें (Lacustrine Rocks)—जब अवसाद का निक्षेप झीलों में होता है तो वहाँ बनी हुई चट्टानें झीलकृत चट्टानें कहलाती हैं। झीलों में निक्षेप नदियों तथा हवा दोनों से ही हो सकता है। इनमें भी निक्षेप क्रमानुसार होता है। यहाँ की चट्टानें सतह पर तभी प्रकट होती हैं जबकि झील सूख जाये या झील की तली ऊपर उठ जाये अथवा समूची झील अवसाद से भर जाये। (iii) नदीकृत चट्टानें (Riverine Rocks)—जब अवसाद का निक्षेप नदियों की तलहटी या उनके किनारों पर होता है तो ऐसी चट्टानों को नदीकृत चट्टानें कहा जाता है। भारत के उत्तरी मैदान, नील, ह्वांगहो तथा मिसिसिपी नदियों के मैदानों तथा डेल्टाओं में गहरी कॉप मिट्टी का निक्षेप देखा जाता है जो दूसरे रूप में अवसादी चट्टानें ही हैं।

(2) हिमानीकृत चट्टानें (Glacial Rocks)—हिमानियाँ जब बहती हैं तो अपने पेटे व आसपास के स्थानों को खुरचकर चट्टानों के चूर्ण को बहा लाती हैं। हिमानियाँ अपने साथ बहाकर लाये गये पदार्थों अर्थात् हिमोड को यत्र-तत्र छोड़ती चलती हैं जिससे चट्टानों की रचना हो जाती है। उत्तरी अमरीका के उत्तरी भाग तथा उत्तरी यूरोप में हिमानीकृत चट्टानें विशाल क्षेत्रों में फैली हुई पायी जाती हैं।

(3) वायु निर्मित-चट्टानें (Aeolian Rocks)—धरातल के उष्ण और शुष्क प्रदेशों व यान्त्रिक अपक्षय के कारण चट्टानों का विघटन और अपघटन होता रहा है, जिससे वहाँ बड़ी मात्रा में चट्टान चूर्ण की रचना हो जाती है। हवा इस चट्टान चूर्ण को एक स्थान से उड़ाकर दूसरे स्थान पर जमा कर देती है। निरन्तर जमाव के कारण कालान्तर में अवसाद की परतें बन जाती हैं। कभी-कभी इनमें परतों का अभाव भी होता है। वायु द्वारा निर्मित ऐसी चट्टानों को वायूड शैल भी कहा जाता है। लोयस का निक्षेप वायु-निर्मित चट्टानों का सबसे अच्छा उदाहरण है। लोयस का निक्षेप उत्तरी चीन, मध्य यूरोप तथा मध्य संयुक्त राज्य अमरीका में बड़ी मात्रा में देखा जाता है।

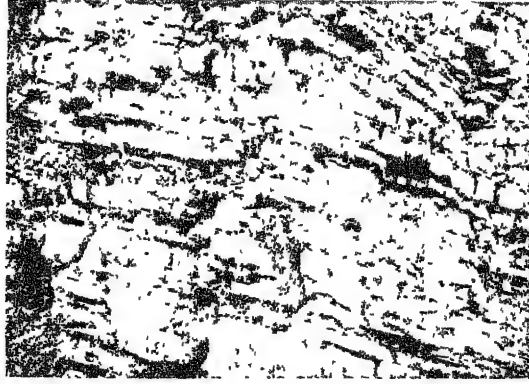
निम्न तालिका में मुख्य तलछट या जमाव और उनसे बनने वाली स्तरीभूत चट्टानों को बताया गया है :

जमाव (Sediment)	स्तरीभूत चट्टानें
1. गोल बजरी (gravel), कंकड़ (pebbles), बोल्टर्स (boulders)	पिण्डाश्म शैल या कंकड़ की चट्टानें (Conglomerates)
2. कोणीय बजरी, कंकड़-पत्थर	प्रस्तरीभूत संकोणाश्म शैल (Sedimentary Breccia)
3. बालू मिट्टी (Sand)	बलुहा शैल (Sand stone)
4. चिकनी मिट्टी (Clay)	पंकाश्म शैल (Mud stone)
5. चूना, बालू, कीचड़, सामुद्रिक जीवों के अवशेष	शैल (Shale), आर्गैलाइट चूने का पत्थर (Lime stone)

प्रमुख अवसादी चट्टानों का विवरण

बलुआ पत्थर (Sand stone)—यह अवसादी चट्टान का प्रमुख रूप है। यह बालू के कणों के परस्पर चिपकने से बनती है। निक्षेप के अनुसार इनकी मोटी अथवा पतली तहे होती हैं। प्रायः इसका रंग लाल, भूरा तथा सफेद होता है। इनका रंग बालू की बनावट, उनको जोड़ने वाले पदार्थ एवं उनमें प्राप्त अशुद्ध पदार्थों पर निर्भर करता है। यह एक सरन्ध्र (porous) चट्टान है। इनके कणों के बीच में असंख्य छिद्र होते हैं। बलुआ पत्थर रचना में कठोर होता है। इसको चाक से तभी काटा जा सकता है जबकि इसमें अल्पाधिक मात्रा में चिकनी मिट्टी हो।

साधारणतः बलुआ पत्थर में सैकता की मात्रा ही अधिक होती है। जब इसमें फेल्सपार की मात्रा अधिक होती है तो उसे आरकोज (arkose) कहते हैं। जब अभ्रक की मात्रा अधिक होती है तो उसे अभ्रकमय बलुआ पत्थर कहते हैं। खुरदरा बलुआ पत्थर ग्रिट (Grit) कहलाता है। बलुआ पत्थरों में विभिन्न आकार के कण होते हैं; जैसे, गोलाश्म (Boulders), बट्टिकाएँ



चित्र 229—बालुका प्रस्तर (अवसादी शैलो का दृश्यांश)

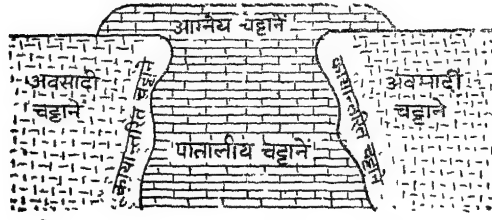
(Cobbles), गिट्टी (Pebbles), ककड़ (Gravel) और मृत्तिका (Clay) आदि। बलुआ पत्थरों को उनके कणों की खुरदबीन की सहायता से अथवा आँख से देखकर पहचाना जा सकता है।

चूने का पत्थर (Lime stone)—समुद्र-जल में कैल्शियम कार्बोनेट की प्रधानता है। समुद्री जीवों के खोल (shells) इससे बनते हैं। इन जीवों की मृत्यु के बाद उनके ये खोल (shells) समुद्र तल पर एकत्र हो जाते हैं जो कालान्तर में चट्टान का रूप ले लेते हैं। समुद्र-जल के घोल भी इसकी रचना में योग देते हैं। इस प्रकार चूने का पत्थर कैल्शियम कार्बोनेट का निक्षेप है। इन पत्थरों में जीवों के अवशेष मिलते हैं। कुछ चूने के पत्थर बहुत ही बारीक कण वाले, कुछ बारीक रवे वाले और कुछ दानेदार होते हैं। ये कई रंग के होते हैं। सामान्यतः ये हल्के भूरे, हल्के पीले, लाल तथा काले रंग के होते हैं। इनमें कैल्साइट खनिज होता है, अतः यह चाकू द्वारा सरलता से खुरचा जा सकता है। इसके ऊपर गन्धक का तेजाब डालने से बुलबुले उठने लगते हैं।

खड़िया (Chalk)—यह भी एक प्रकार का चूने का पत्थर ही है। इसमें अत्यन्त बारीक कण होते हैं। इसकी रचना बहुत ही छोटे-छोटे समुद्री जीवों के खोलों से होती है। इसमें अच्छी तहें होती हैं। इसका रंग सफेद या हल्का भूरा होता है। यह बहुत ही मुलायम और ढीली चट्टान होती है।

चिकनी मिट्टी और शैल (Clay and Shale)—बारीक कणों के ढीले पिण्ड को मृत्तिका (clay) कहते हैं। जब इसकी पतली तहें ठोस कड़ी चट्टान बन जाती हैं तो उसे शैल (Shale) कहते हैं। शैल अपने संस्तरण तलों (bedding-plane) पर सरलता से टूट जाती है। इन चट्टानों

विशेषता रहती है। अवसादी चट्टानों की तरह इन चट्टानों की रचना में स्थानान्तरण का कोई स्थान नहीं है। ये अपनी मूल स्थिति में ही आन्तरिक तथा बाह्य शक्तियों, भीतरी गर्मी तथा दाब और घुलन-क्रिया के प्रभाव से अपना रूप बदल देती हैं।



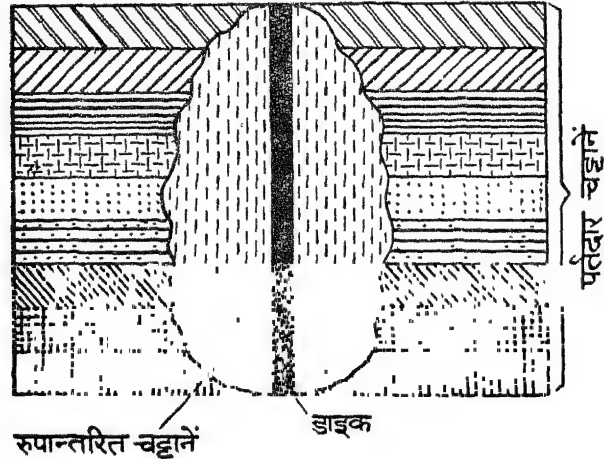
चित्र 231—कायान्तरित चट्टानें

चट्टानों में स्फट व्यवस्थित रूप में और समान्तर तहों में जमे रहते हैं जबकि आग्नेय चट्टानों में ऐसी कोई व्यवस्था देखने की नहीं मिलती। स्फटों की व्यवस्था से इन दोनों ही चट्टानों का भेद स्पष्ट हो जाता है। चट्टानों में परिवर्तन उपस्थित करने वाले मुख्य कारण गर्मी और दाब ही हैं। परन्तु चट्टानों में परिवर्तन कई तरह से होता है। कुछ चट्टानों में परिवर्तन बहुत ही धीरे-धीरे होता है और कुछ चट्टानों में बहुत ही शीघ्र होता है।

कायान्तरण के कारण (Causes of Metamorphism)

चट्टानों में कायान्तरण के प्रमुख निम्न कारण हैं :

(1) ताप (Heat)—चट्टानों में कायान्तरण का सबसे बड़ा कारण ताप या गर्मी है। कठोर से कठोर चट्टानें भी गर्मी से पिघल जाती हैं। फलस्वरूप गर्मी के कारण चट्टानों के खनिज, उनके कण और कणों के क्रम में बड़ा परिवर्तन आ जाता है। कायान्तरण के लिए आवश्यक गर्मी ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाले गरम लावा से अथवा पृथ्वी के भीतरी ताप से प्राप्त होती है। पर्वत निर्माणकारी हलचलों के समय पृथ्वी के भीतर उत्पन्न गर्मी तथा लावा के सम्पर्क से कई चट्टानें पिघलकर अपना रूप परिवर्तन कर देती हैं।



चित्र 232—ताप के कारण रूपान्तरण

(2) दबाव या सम्पीड़न (Compression)—चट्टानों में कायान्तरण का दूसरा प्रमुख कारण सम्पीड़न है। महाद्वीप निर्माणकारी एवं पर्वत निर्माणकारी हलचलों के समय भू-पटल की

चट्टानों पर भारी दबाव पड़ता है। इस दबाव के फलस्वरूप चट्टानों में भारी उलट-फेर हो जाता है। इससे न केवल उनका संगठन ही बदल जाता है अपितु उनका रूप भी परिवर्तित हो जाता है। पर्वत निर्माण के समय जब चट्टानों में मोड़ पड़ते हैं तो उस समय चट्टानों पर भारी सम्पीड़न पड़ता है। इसलिए दबाव का प्रभाव मुख्यतः पर्वतीय भागों में अधिक देखा जाता है।

(3) **घोल (Solution)**—जल में सभी पदार्थों को घुलाने की शक्ति होती है। कार्बन डाइऑक्साइड तथा ऑक्सीजन गैस के मिल जाने पर जल की घुलनशक्ति और बढ़ जाती है। कार्बन तथा ऑक्सीजनयुक्त वर्षा-जल जब भूमि में पहुँचता है तो वह कई चट्टानों के खनिजों को घुला डालता है। जब इस जल का सम्पर्क अन्य चट्टानों से होता है तो उक्त चट्टान से रासायनिक संगठन में अन्तर आ जाता है। भूमि के अन्दर मैग्मा के साथ मिला हुआ जल एवं अवसादी चट्टानों की परतों के बीच दबा हुआ जल भी चट्टानों में रासायनिक कायान्तरण कर देता है।

कायान्तरित चट्टानों के भेद

कायान्तरित चट्टानों का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया जा सकता है :

- (अ) मूल चट्टानों के आधार पर,
- (ब) तहों की बनावट और कणों के गुण के आधार पर,
- (स) परिवर्तन के अभिकर्ता के आधार पर,
- (द) कायान्तरण के क्षेत्र के आधार पर।

(अ) मूल चट्टानों के आधार पर कायान्तरित चट्टानों के भेद

(1) **परि-अवसादी चट्टानें (Para-metamorphic Rocks)**—जो चट्टानें अवसादी चट्टानों के परिवर्तन से बनी हैं उन्हें परि-अवसादी चट्टानें कहा जाता है। जैसे चूने का पत्थर परिवर्तित होकर संगमरमर का रूप ग्रहण कर लेता है। शैल चट्टान स्लेट में बदल जाती है।

(2) **परि-आग्नेय चट्टानें (Ortho-metamorphic Rocks)**—ये चट्टानें आग्नेय चट्टानों का कायान्तरित रूप हैं। जैसे नीस चट्टान ग्रेनाइट का परिवर्तित रूप है।

(3) **पुनः परिवर्तित चट्टानें (Bi-metamorphic Rocks)**—ये कायान्तरित चट्टानों में पुनः परिवर्तन हो जाने से बनती हैं।

(ब) तहों की बनावट और कणों के गुण के आधार पर कायान्तरित चट्टानों के भेद

(1) **पत्राभिकृत कायान्तरित चट्टानें (Foliated Metamorphic Rocks)**—इन चट्टानों में स्फटिकों की समान्तर व्यवस्था बड़ी अच्छी होती है। इसके कण महीन होते हैं। इसमें परतें होती हैं और उनकी क्रमिक व्यवस्था होती है। इनकी तहों को अलग करने पर तल विकसित होते हैं। जब इनको तोड़ा जाता है तो ये एक निश्चित दिशा में टूटती हैं। स्लेट इसका उत्तम उदाहरण है।

(2) **अपत्राभिकृत चट्टानें (Non-foliated Metamorphic Rocks)**—यह एक अधिक ठोस चट्टान है जो जलीय परिवर्तनों के कारण बनती है। इसके कण भद्दे होते हैं और उनकी व्यवस्था भी अच्छी नहीं होती। इनकी तहों को अलग करने पर तल पूरी तरह विकसित नहीं होते। संगमरमर इसका उदाहरण है।

(स) परिवर्तन के अभिकर्ता के आधार पर कायान्तरित चट्टानों के भेद

(1) **तापीय कायान्तरण (Thermal Metamorphism)**—कभी-कभी आन्तरिक ताप के कारण किसी चट्टान में इस सीमा तक परिवर्तन हो जाता है कि उसे पहचानना भी कठिन हो जाता है। ताप के प्रभाव से मूल चट्टान बदलकर सर्वथा नवीन गुण ग्रहण कर लेती है। अतः ताप के कारण परिवर्तित चट्टानें ही तापीय कायान्तरण की चट्टानें कहलाती हैं। ताप द्वारा चट्टानों में परिवर्तन की मात्रा सम्पर्क की दूरी के अनुसार घटती जाती है। ताप के कारण बलुआ पत्थर

मे बालू के कण द्रवित हो जाते हैं और सम्पूर्ण चट्टान पुनः रवेदार स्वरूप ग्रहण कर क्वार्ट्जाइट बन जाती है। इसी प्रकार शैल ताप से पककर कड़ी हो जाती है और वह हार्नेफेल्स में बदल जाती है।

(2) जलीय कायान्तरण (Hydro-Metamorphism)—जब साधारण ताप और दाब की अवस्था में चट्टानों में जलीय दाब के फलस्वरूप परिवर्तन होता है तो उसे जलीय कायान्तरण कहते हैं।

(3) गतिशील कायान्तरण (Dynamic Metamorphism)—पर्वत निर्माणकारी हलचलों के कारण बहुत-सी चट्टानें गहराई पर दब जाती हैं। इस भारी दबाव से भीतर उष्णता भी बढ़ जाती है। अतः इस दबाव और उष्णता से चट्टानें पूर्णतः बदल जाती हैं। चट्टानों में इस प्रकार का कायान्तरण हजारों वर्षों में होता है। गतिशील कायान्तरण के कारण शैल स्लेट में, बलुआ पत्थर बिल्लौर में और कोयला ग्रेफाइट में परिवर्तित हो जाता है।

(4) उष्ण-जलीय कायान्तरण (Hydro-Thermal Metamorphism)—जब चट्टानों में कायान्तरण उष्ण जल और भाप के कारण होता है तो उसे उष्ण-जलीय कायान्तरण कहते हैं। जैसे चूने का पत्थर संगमरमर में बदल जाता है।

(5) स्थिर कायान्तरण (Static Metamorphism)—जब चट्टानों में परिवर्तन का एकमात्र कारण दबाव होता है तो उसे स्थिर कायान्तरण कहते हैं। भू-गर्भ में स्थित बहुत-सी चट्टानें भार के कारण बदल जाती हैं।

(द) कायान्तरण के क्षेत्र के आधार पर चट्टानों के भेद

(1) स्पर्श कायान्तरण (Contact Metamorphism)—ज्वालामुखी उद्गार के समय जब लावा ऊपर उठता है तो उष्ण लावा के स्पर्श से उसके आसपास की चट्टानें पिघल जाती हैं तथा उनके भौतिक गुणों में परिवर्तन हो जाता है। लावा दरारों, संधि एवं कन्दराओं में घुसकर दबाव भी उत्पन्न करता है। उष्ण लावा के साथ कभी-कभी जल भी मिला हुआ रहता है जिससे चट्टानों में रासायनिक परिवर्तन हो जाते हैं। बिटुमिनस कोयला उष्ण लावा के प्रभाव से कठोर एन्थ्रेसाइट में बदल जाता है। डाइक एवं सिल चट्टानें लेकोलित्थ अथवा लेथोलिल के स्पर्श से परिवर्तित होती देखी गयी है।¹ चूने का पत्थर डाइक के गरम लावा के संयोग से संगमरमर में बदल जाता है।

(2) प्रादेशिक कायान्तरण (Regional Metamorphism)—पर्वत निर्माणकारी हलचलों के कारण पृथ्वी के विस्तृत क्षेत्र में परिवर्तन घटित होता है। इन हलचलों के कारण उत्पन्न दबाव तथा भीषण ताप के कारण गहराई में दबी हुई आग्नेय तथा अवसादी चट्टानें पूर्णरूप से बदल जाती हैं।² जो चट्टानें स्फटपूर्ण नहीं होती वे स्फटपूर्ण हो जाती हैं। जिनमें स्फट होते हैं उनमें पुनः स्फटों की रचना हो जाती है। इन परिवर्तनों के कारण शैल स्लेट में, बलुआ पत्थर बिल्लौर में, कोयला ग्रेफाइट में और चूने का पत्थर संगमरमर में बदल जाता है।

यहाँ कुछ प्रमुख कायान्तरित चट्टानों का वर्णन दिया जा रहा है :

शिस्ट या सुभाजा (Schist)—शिस्ट ग्रीक भाषा के 'शिस्टस' (schistus) शब्द से बना है जिसका अर्थ है वह जो फाड़ा जा सके। अतः वे सभी चट्टानें जो अपने अन्दर पाये जाने वाले

¹ Longwell, Knopf and Flint : *Physical Geology*, p 419

² "A hypothesis now much in favour holds that regional metamorphism is one of the effects that accompanies the folding of a geosynclinal mass of sediments."
—Longwell, Knopf and Flint

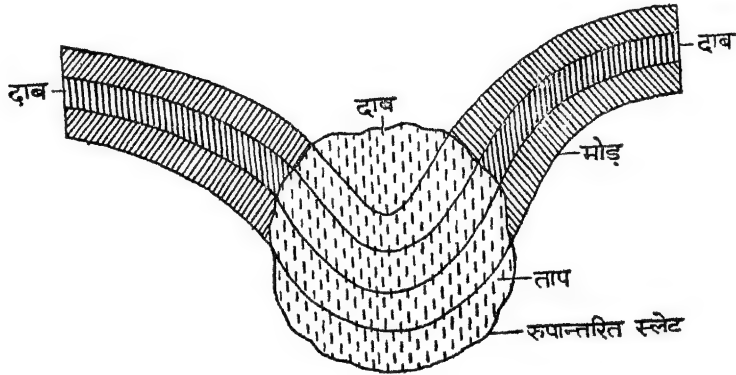
सबसे अधिक खनिजों की समान्तर दिशा में सरलता से फटकर अलग हो जाती है, शिस्ट कहलाती है। इनका नाम प्रायः उस खनिज के आधार पर होता है जिससे वह पृथक् होने का गुण प्राप्त करती है जैसे अभ्रक शिस्ट, हार्नब्लेड शिस्ट आदि। जब इनका निर्माण आग्नेय चट्टानों के कायान्तरण से होता है तो उन्हें आर्थोशिस्ट कहते हैं किन्तु जब निर्माण अवसादी चट्टानों से होता है तो उन्हें पारा शिस्ट कहते हैं। कायान्तरित चट्टानों में यह बहुत ही व्यापक रूप से मिलने वाली चट्टान है। भारत में दकन के पठार पर यह अधिक मिलती है।

नीस (Gneiss)—यह एक खुरदरे कणों वाली कायान्तरित चट्टान है। इसमें खनिजों के



चित्र 233—स्लेट की धारीदार सतह

जोड़ पर अलग होने का गुण नहीं होता। इसका निर्माण करने वाले खनिज प्रायः एक-दूसरे के समान्तर होते हैं। फलतः इसमें क्रमरहित स्पष्ट धारियाँ होती हैं। यह आग्नेय अथवा अवसादी



चित्र 234—शैल चट्टान का स्लेट में परिवर्तन

दोनों प्रकार की चट्टानों के कायान्तरण से बनती है। इसमें स्फटिक, फेल्सपार और अभ्रक की मात्रा अधिक पायी जाती है। ग्रेनाइट नीस इसी प्रकार की चट्टान है। यह सभी प्राचीन क्षेत्रों में मिलती है।

स्लेट (Slate)—यह शैल नामक चट्टान का कायान्तरित रूप है। जब शैल बहुत कड़ी हो जाती है तो उसमें सरलता से बारीक तहों में टूटने का गुण आ जाता है। इसी प्रकार स्लेट बदलकर फाइलाइट में और फाइलाइट शिस्ट में बदल जाती है। इस प्रकार शैल स्लेट से लेकर शिष्ट तक अनेक प्रकार की कायान्तरित चट्टानों में बदल जाती है।

संगमरमर—यह चूने के पत्थर का कायान्तरित रूप है। यह सफेद, भूरे, काले व पीले आदि अनेक रंगों की होती है। इसका भवन-निर्माण में उपयोग होता है।

एन्थ्रसाइट—यह विटुमिनस कोयले का परिवर्तित रूप है।

क्वार्ट्जाइट—यह बलुआ पत्थर का कायान्तरित रूप है। यह एक बहुत ही कठोर चट्टान है।

आग्नेय तथा प्रस्तरिभूत चट्टानों के कुछ परिवर्तित रूप यहाँ दिये जा रहे हैं :

आग्नेय चट्टानों और उनका परिवर्तित रूप

मूल रूप	परिवर्तित रूप
1. ग्रेनाइट	ग्रेनाइट नीस (Granite gneisses)
2. साइनाइट	साइनाइट नीस
3. ग्रेब्रो	ग्रेब्रो नीस (Dark-coloured gneisses)
4. बेसाल्ट	स्लेट (Dark-coloured Schists)
5. रायोलाइट	हल्का शिस्ट (Light-coloured Schists)

प्रस्तरिभूत चट्टानों और उनका परिवर्तित रूप

मूल रूप	परिवर्तित रूप
1. संपिण्ड (Conglomerate)	1. संपिण्ड शिस्ट (Conglomerate Schist)
2. बलुही पत्थर (Sand stone)	2. स्फटिक और स्फटिक शिस्ट (Quartz and Quartzite Schist)
3. शैल (Shale)	3. स्लेट अथवा अभ्रक शिस्ट (Slate or Mica Schist)
4. चूने का पत्थर (Lime stone)	4. संगमरमर (Marble)
5. लिग्नाइट कोयला (Lignite coal)	5. एन्थ्रसाइट कोयला (Anthracite coal)
6. कोयला	ग्रेनाइट 6. हीरा या ग्रेफाइट

चट्टानों और उनकी आर्थिक उपयोगिता

मानव-जीवन के लिए जो पदार्थ किसी भी प्रकार से उपयोगी होते हैं वे सहज ही आर्थिक महत्त्व प्राप्त कर लेते हैं। अतएव चट्टानों का मानव-जीवन में एक विशेष स्थान है। साधारण बुद्धि वाले मनुष्य प्रत्येक अनुपयोगी वस्तु की उपमा पत्थर से देते हैं, परन्तु वे इस तथ्य से अनभिज्ञ हैं कि हमारा जीवन इन चट्टानों का कितना ऋणी है। हमारे जीवन में उपयोग आने वाली लगभग सभी वस्तुएँ चट्टानों से ही प्राप्त होती हैं। सभी प्रकार के इमारती पत्थर, औद्योगिक खनिज (कोयला, तेल, लोहा आदि) तथा बहुमूल्य धातुएँ (सोना, चाँदी, टिन आदि) इन्हीं चट्टानों से मिलती हैं। घरातल का आवरण—मिट्टी (soil) जिस पर कि समस्त वनस्पति-जीवन निर्भर है—चट्टानों का ही प्रासाद है। इन्हीं चट्टानों में घरातल की जलराशि छिपी रहती है जो मानव उपयोग के लिए कुँएँ खोदकर प्राप्त की जाती है।

26

अनाच्छादन

(DENUDATION)

हम जानते हैं कि विवर्तनिक हलचलो (tectonic forces) के कारण पृथ्वी का धरातल ऊँचा-नीचा हो जाता है। उसमें एकसा समतलपन नहीं रहता। धरातल की यह असमानता पटल-विरूपण और ज्वालामुखी उद्गारों से और अधिक बढ़ जाती है। इनके फलस्वरूप धरातल पर ऊँचे-ऊँचे पर्वत, पठार तथा मैदानों की रचना हो जाती है। भू-पटल पर उत्पन्न इस असमतलता को बाह्य शक्तियाँ (external forces) दूर करती रहती हैं। वस्तुतः बाह्य शक्तियाँ अथवा श्रेणीकरण की शक्तियाँ (forces of gradation) विवर्तनिक शक्तियों के विरुद्ध कार्य करती हैं। जैसे ही कोई स्थल-खण्ड समुद्र के गर्भ से बाहर निकलता है, बाह्य शक्तियाँ उसकी काट-छाँट प्रारम्भ कर देती हैं। बाह्य शक्तियों में जल, हिम और हवा प्रमुख हैं जो कि गुरुत्वाकर्षण की सहायता से अपना कार्य सम्पन्न करती हैं। इन समस्त शक्तियों का आदिस्त्रोत सूर्य है। सूर्य के प्रभाव से ही ऋतु परिवर्तन होता है, हवाएँ चलती हैं, वर्षा होती है और हिम गिरता है। धरातल पर गुरुत्वाकर्षण शक्ति के कारण जल बहने लगता है। इसी शक्ति से हिमानियों में भी गति होती है और ऊँचे ढाल से पदार्थ नीचे खिसक आते हैं। संक्षेप में, सूर्य के ये विभिन्न दूत पृथ्वी के धरातल का अनवरत रूप से विनाश करते रहते हैं। यह बड़े ही आश्चर्य की बात है कि सूर्य जिस पृथ्वी का जनक है वही उसके विनाश का कारण भी है।

भू-पटल की बाह्य शक्तियों के दो मुख्य भेद हैं :

(1) स्थैतिक शक्तियाँ (Static Forces)—इनके अन्तर्गत वे शक्तियाँ आती हैं जो अपने स्थान पर ही कार्यशील रहती हैं। इस प्रकार इनका कार्यक्षेत्र सीमित होता है। ये चट्टानों में सँघों अथवा दरारें उत्पन्न कर उन्हें पृथक् करने में लगी रहती हैं। चट्टानों को तोड़-फोड़कर अथवा मुलायम और ढीला बनाकर ये उन्हें हटाये जाने योग्य बना देती हैं। इस भाँति ये अन्य साधनों के कार्य को सरल बना देती हैं।

(2) गतिशील शक्तियाँ (Mobile Forces)—ये शक्तियाँ अपने स्थान पर ही स्थिर न होकर गतिशील रहती हैं। अतः ये स्थैतिक शक्तियों द्वारा विघटित चट्टानों को एक स्थान से दूसरे स्थान को हटा देती हैं और मार्ग में उनका क्षय करती रहती हैं। गतिशील शक्तियों में नदी, हिमानी और हवा मुख्य हैं। ये अपनी क्षमता के अनुसार पदार्थों का परिवहन और निक्षेपण करती रहती हैं। इस प्रकार ये शक्तियाँ मुख्यतः निम्नीकरण (Degradation) और अधिवर्द्धन (Aggradation) द्वारा अपना कार्य सम्पादित करती हैं।

भू-पटल की बाह्य शक्तियों में प्रथम वर्ग की शक्तियों को अपक्षय (Weathering) और दूसरे वर्ग की शक्तियों को अपरदन (Erosion) अथवा निम्नीकरण (Degradation) कहा जाता है।

ये दोनों शक्तियाँ कभी शान्त नहीं रहती। इनका तोड़-फोड़ निरन्तर चलता रहता है। एक स्थान पर ये शक्तियाँ चट्टानों का क्षय करती हैं और दूसरे स्थान पर क्षय पदार्थों का निक्षेप। जो पदार्थ आज एक स्थान पर निक्षेपित किये जाते हैं कल वे अन्यत्र हटा दिये जाते हैं। इस तरह इन शक्तियों से धरातल पर कहीं विनाश और कहीं रचना होती रहती है जिससे अन्त में धरातल पर अनेक भू-आकार बन जाते हैं। इस प्रकार अनाच्छादन के अन्तर्गत अपक्षय और अपरदन दोनों क्रियाओं को सम्मिलित किया जाता है। Denudation is a sum total of weathering and erosion अतः इन दोनों की शक्तियों के सामूहिक प्रभाव को ही अनाच्छादन (Denudation) या श्रेणीकरण (Gradation) कहा जाता है। मोन्कहाउस के अनुसार, "The term 'denudation' is used widely to cover all the agencies by which parts of the earth's surface are undergoing destruction, wastage and loss, the material thus removed is deposited elsewhere, to form the sedimentary rocks"

स्थैतिक शक्तियाँ (Static Forces)

अपक्षय (Weathering)—भू-पटल की चट्टानों का बहुत अधिक क्षय मौसम के दो प्रधान तत्वों—तापमान और वर्षा—के प्रभाव से होता है। इसलिए वे सभी प्रक्रम (Processes) जो चट्टानों के विनाश में लगे हुए रहते हैं, प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से मौसम के तत्वों से सम्बन्धित होते हैं। चट्टानों के विनाश में जल, वायु, ताप, कुहरा और हिम अधिक योग देते हैं। पेड़-पौधे, जीव-जन्तु और मनुष्य भी कुछ अंश तक चट्टानों के विनाश में सहायता पहुँचाते हैं। अतः उन सभी प्रक्रमों को जिनसे चट्टानें अपने स्थान पर ही नष्ट-भ्रष्ट होती रहती हैं अपक्षय (weathering) कहा जाता है। हिण्डस के अनुसार "अपक्षय से तात्पर्य यान्त्रिक विघटन अथवा रासायनिक अपघटन से है जो चट्टानों की संमकतता (coherence) को नष्ट कर देती है।" आर्थर होग्स ने अपक्षय की परिभाषा निम्न प्रकार की है :

"Weathering is the total effect of all the various sub-aerial processes that co-operate in bringing about the decay and disintegration of rocks, provided that no large scale transport of the loosened products is involved."

स्पार्क महोदय के अनुसार, "पृथ्वी की सतह पर प्राकृतिक कारकों (agents) द्वारा चट्टानों के अपने ही स्थान पर यान्त्रिक विधि द्वारा टूटने अथवा रासायनिक अपघटन होने की क्रिया को अपक्षय कहा जा सकता है।"

"Weathering may be defined as the mechanical fracturing or chemical decomposition of rocks by natural agents at the surface of the earth."

भू-पटल की चट्टानों का अपक्षय दो प्रकार से होता है :

(1) **विघटन (Disintegration)**—इस विधि में चट्टानें तापमान अथवा पाले के प्रभाव से अपने स्थान पर ही विघटित होकर टुकड़े-टुकड़े हो जाती हैं। इसमें चट्टानों के खनिज तत्वों में कोई हेर-फेर नहीं होता। चट्टानों के इस प्रकार अपने आप टूटने को भौतिक अथवा यान्त्रिक अपक्षय (Physical or Mechanical Weathering) भी कहते हैं।

(2) **अपघटन (Decomposition)**—इस विधि में चट्टानों में रासायनिक परिवर्तन होते हैं जिससे उनके खनिज तत्वों का अनुपात बदल जाता है और चट्टानें नष्ट हो जाती हैं। कुछ अवस्थाओं में पहले चट्टानों में रासायनिक परिवर्तन होता है और तब वे विघटन द्वारा टूटती हैं। कभी-कभी चट्टानें विघटित होकर टूट जाती हैं और फिर उनकी चूरचूर रासायनिक परिवर्तन द्वारा नष्ट होती हैं। इस प्रकार ये दोनों ही क्रियाएँ साथ-साथ कार्यशील रहती हैं और पारस्परिक सहयोग से चट्टानों का नाश करती रहती हैं। अतः शैल अपक्षय विभिन्न प्रक्रमों के सामूहिक कार्य का प्रतिफल है।

अपक्षय को प्रभावित करने वाले उपादान (Factors Controlling Weathering)

धरातल पर अपक्षय का स्वरूप सर्वत्र एकसा नहीं देखा जाता, क्योंकि अपक्षय के कारकों (Agents) का अपक्षय के स्वभाव पर प्रत्यक्ष प्रभाव होता है। इसके अतिरिक्त विभिन्न स्थानों की जलवायु, भूमि की बनावट और चट्टानों की संरचना में विभिन्नता का भी अपक्षय की प्रक्रिया पर पर्याप्त प्रभाव पड़ता है। फिर अपक्षय के प्रमुख तत्त्व विघटन और अपघटन का कार्य-क्षेत्र भी प्रायः अलग-अलग होते हैं। विघटन का कार्य ऊँचे पहाड़ी भागों में जहाँ तुषारपात होता हो अथवा उष्ण व शुष्क मरुस्थलों में अधिक होता है जबकि अपघटन का कार्य उष्ण तथा आर्द्र भागों में सर्वाधिक होता है। उपरोक्त विवरण के आधार पर यह कहा जा सकता है कि अपक्षय पर निम्न उपादानों का प्रभाव होता है।

(1) **चट्टानों का संगठन तथा संरचना**—अपक्षय के ऊपर चट्टानों के संगठन और संरचना का बड़ा प्रभाव पड़ता है। अपक्षय का प्रमुख रूप विघटन और अपघटन है। इसलिए स्पष्ट ही कमजोर तथा असंगठित चट्टानों में उपरोक्त दोनों क्रियाएँ सरलता से सम्पन्न हो सकती हैं। उदाहरणतः, घुलनशील खनिजों वाली तथा रन्ध्रपूर्ण चट्टानों का रासायनिक अपक्षय शीघ्रता से होगा जबकि कठोर चट्टानों पर रासायनिक अपक्षय का नगण्य प्रभाव होगा। चट्टानों की परतों की स्थिति भी अपक्षय को प्रभावित करती है। जिन चट्टानों की परतें लम्बवत् होती हैं उनमें तापमान की भिन्नता, तुषारपात एवं जल तथा हवा का शीघ्र प्रभाव होता है, किन्तु क्षैतिज रूप से फैली हुई चट्टानों की परतों में संगठन अधिक होता है, इस कारण उनका विघटन और नियोजन शीघ्र नहीं होता। इसके अतिरिक्त अधिक सन्धियों वाली चट्टानों में तापीय अन्तर और तुषार के कारण, विस्तार और संकुचन अधिक होता है जिससे उनका शीघ्र विघटन हो जाता है।

(2) **जलवायु की भिन्नता**—धरातल के विभिन्न भागों में जलवायु की भिन्नता का अपक्षय पर गहरा प्रभाव पड़ता है। जैसे विश्व के उष्ण तथा आर्द्र प्रदेशों में तापमान की अधिकता एवं जल की प्रचुरता के कारण सभी प्रकार के लवणों का अपक्षालन (Leaching—घुलाकर बहाने की क्रिया) तथा घोलक कार्य (Solvent action) बहुत अधिक होता है, जिससे इन भागों में मुख्यतः रासायनिक अपक्षय ही होता है। भौतिक अपक्षय का इन भागों में नगण्य स्थान होता है। इसके विपरीत उष्ण तथा शुष्क जलवायु वाले भागों में वर्षा के अभाव तथा दिन और रात के तापमान में भारी अन्तर रहने के कारण, चट्टानें दिन को फैलती हैं और रात्रि को सिकुड़ती हैं। चट्टानों में इस प्रकार नियमित रूप से फैलाव तथा संकुचन के कारण उनका विघटन हो जाता है। इस प्रकार विश्व के उष्ण मरुस्थली भागों में भौतिक अपक्षय की ही प्रधानता रहती है। उष्ण व शुष्क प्रदेशों की भाँति शुष्क व शीतोष्ण जलवायु वाले भागों में भी रासायनिक अपक्षय की तुलना में भौतिक अपक्षय अधिक होता है। यहाँ चट्टानों की दरारों व सँधों में भरा हुआ जल रात्रि को बर्फ के रूप में जम जाता है और दिन को पुनः पिघल जाता है। इस क्रिया की प्रतिदिन होने वाली पुनरावृत्ति के कारण चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं और अन्ततः उनका विघटन हो जाता है। शीत जलवायु वाले प्रदेशों में भौतिक अपक्षय के स्थान पर रासायनिक तथा जैविक अपक्षय अधिक होता है।

(3) **भूमि के ढाल का स्वभाव**—भूमि का ढाल चट्टानों के संगठन और चट्टानी मलबे के स्थानान्तरण को निश्चित करता है। अतः जिन भागों में भूमि का ढाल कम होता है वहाँ चट्टानों में अधिक संगठन रहता है और वे शीघ्र कमजोर नहीं हो पातीं। सामान्य ढाल के कारण वहाँ चट्टानी मलबे का स्थानान्तरण भी कम होता है जिससे वहाँ अपक्षय की तीव्रता नहीं पायी जाती। इसके विपरीत तीव्र ढाल वाले भागों में थोड़ा-सा विघटन होने पर भी चट्टानों का संगठन कमजोर पड़ जाता है जिससे वे टूटकर शीघ्र ही नीचे सरक आती हैं। चट्टानी मलबे के शीघ्र स्थान्तरित

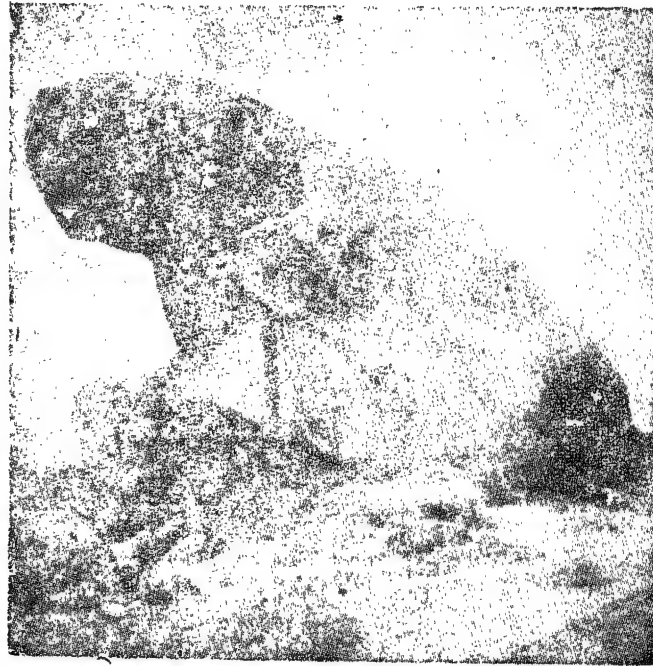
हो जाने से अपक्षय की गति भी तीव्र हो जाती है। ऊँचे पर्वतीय शिखरों के निकट तथा खड़े ढाल वाले चट्टानी भागों में इसी कारण चट्टानों का विघटन अधिक होता है।

(4) वनस्पति का प्रभाव—किसी भी स्थान पर वनस्पति की उपस्थिति का अपक्षय के स्वभाव पर अवश्य प्रभाव होता है। वनस्पति के आवरण से विहीन भागों में ताप की प्रचण्डता के कारण चट्टानों का विघटन शीघ्र होता है। लेकिन जहाँ वनस्पति उगी हुई रहती है वहाँ वनस्पति अपनी जड़ों से चट्टानों को जकड़े रहती है जिससे उनका संगठन मजबूत रहता है और वे शीघ्र नहीं टूटतीं। वनस्पति से ढके हुए भागों पर सूर्य-ताप का भी प्रभाव नहीं होता। कई बार पेड़-पौधों की जड़ें चट्टानों में प्रवेश कर जाती हैं जिससे उनकी सन्धियाँ चौड़ी हो जाती हैं और चट्टानें ढीली पड़ जाती हैं।

(क) भौतिक अथवा यान्त्रिक अपक्षय (Physical or Mechanical Weathering)

जब चट्टानें बिना किसी रासायनिक परिवर्तन के अपने आप विघटित हो जाती हैं तो उसे भौतिक अपक्षय कहा जाता है। चट्टानों का यह विघटन मुख्यतः सूर्यताप, हवा और पाले द्वारा होता है। ये दोनों ही साधन चट्टानों में सम्पीड़न और तनाव की क्रियाओं से यान्त्रिक परिवर्तन कर देते हैं। इसका सबसे अधिक प्रभाव शुष्क तथा ठण्डी जलवायु वाले प्रदेशों में होता है। चट्टानों का विघटन निम्न प्रकार से होता है :

ताप परिवर्तन द्वारा विघटन (Disintegration by Temperature Changes)—चट्टानों के भौतिक अपक्षय में सूर्यताप (insolation) का महत्वपूर्ण स्थान है। गर्मी और सर्दी



चित्र 235—चट्टानों के अपक्षय पर ताप और वर्षा का प्रभाव

के कारण चट्टानें फैलती और सिकुड़ती हैं। इस प्रक्रम (process) से चट्टानों का विघटन होता है। शुष्क मरुस्थली प्रदेशों में जहाँ दैनिक तापान्तर बहुत अधिक होता है, चट्टानों का इस प्रकार

विघटन बड़ी तीव्र गति से होता है। ऐसे प्रदेशों में चट्टानें दिन में भीषण ताप से फैलती हैं और रात्रि में तापमान के असाधारण रूप से गिर जाने से सिकुड़ती हैं। चट्टानों में निरन्तर इस प्रकार की क्रिया से तनाव (tension) उत्पन्न हो जाता है जिससे अन्त में वे चटक जाती हैं। प्रायः 150° फा० तापमान पर 45 मीटर के ग्रेनाइट खण्ड में 2.54 सेण्टीमीटर का फैलाव होता है। इस प्रकार नित्य-प्रति चट्टानों के फैलने और सिकुड़ते रहने से, उनमें सँधे अथवा दरारें उत्पन्न हो जाती हैं और वे बड़े-बड़े टुकड़ों में विघटित हो जाती हैं। चट्टानों के इस प्रकार टूटने को **पिण्ड-विच्छेदन (Block disintegration)** कहते हैं।

कुछ चट्टानें सूर्य के प्रचण्ड ताप से गरम होकर ऊपर से एकदम तपने लगती हैं परन्तु भीतर से वे ठण्डी ही रहती हैं, क्योंकि वे गर्मी की उत्तम चालक (good conductor) नहीं होती। अतः चट्टानों की ऊपरी परत गरम होकर मोटे व्यक्तियों के पेट की तरह फूल जाती है और थोड़ा-सा भी दबाव अथवा झटका लगने पर भीतर ठण्डे भाग से छिलके की भाँति अलग हो जाती है। अलग होने पर चट्टान की परत खण्ड-खण्ड होकर नष्ट हो जाती है। सामान्यतः चट्टानों के ये परत पहले किनारों से अलग होते हैं और फिर धरातल के समान्तर समकेन्द्रिक तहों (concentric layers) में टूटते हैं। चट्टान के इस प्रकार टूटने की क्रिया को **पल्लवीकरण (exfoliation)** कहते हैं। जब चट्टानों में सँधे अथवा संस्तरण तल भली प्रकार से विकसित होते हैं तो पल्लवीकरण बड़ी शीघ्रता से होता है। किन्तु यदि चट्टान का स्वरूप ठोस हुआ तो रासायनिक अपक्षय द्वारा कमजोर हो जाने पर उसमें सँधे विकसित होगी और तब उसका विघटन होगा। शुष्क मरुस्थली, अर्द्धशुष्क और मानसूनी प्रदेशों में जहाँ बहुत ही स्पष्ट शुष्क ऋतु होती है, वहाँ पल्लवीकरण का मुख्यतः स्फाटीय चट्टानों से निर्मित शिखरों और टीलों की रूपरेखा पर उल्लेखनीय प्रभाव पड़ता है। ताप के प्रभाव से वहाँ पहले चट्टानों के नुकीले कोण और शिखर टूटकर अलग हो जाते हैं जिससे पहाड़ी टीलों और शिखरों की आकृति गुम्बदाकार हो जाती है। छोटा नागपुर पठार की ग्रेनाइट निर्मित पहाड़ियों में ऐसा गुम्बदाकार रूप प्रकट होता है। मानभूमि जिले की झाल्दाह की पहाड़ियों और राजस्थान में कहीं-कहीं अरावली की पहाड़ियों में ऐसा रूप देखा जाता है। अफ्रीका में नाइजीरिया तथा मोजाम्बिक में ऐसी गुम्बदाकार पहाड़ियों का विचित्र भू-आकार देखने को मिलता है। यहाँ इन गुम्बदाकार रूपों को **द्वीपभगिरि (Inselberge)** कहा जाता है।

जब कोई चट्टान विभिन्न खनिजों से बनी हुई होती है तो उसके खनिज भिन्न-भिन्न गति से गरम तथा ठण्डे होते हैं। खनिजों के भिन्न प्रकार से फैलने और सिकुड़ने से चट्टान के कण ढीले पड़ जाते हैं। जो खनिज-कण पहले एक साथ गुंथे हुए रहते हैं वे अलग-अलग हो जाते हैं। चट्टान के कणों के भिन्न प्रकार से फैलने और सिकुड़ने से उसके भीतर तीव्र तनाव उत्पन्न होता है जिससे उसमें यकायक दरारें उत्पन्न हो जाती हैं। मरुस्थलों में सूर्यास्त के आधे घण्टे के अन्दर साधारणतः बन्दूकों के छूटने की-सी आवाजे सुनायी पड़ती हैं। ये आवाजें चट्टानों के टूटने से उत्पन्न होती हैं। चट्टानों के खनिज-कणों में टूटने की इस क्रिया को **दानेदार विच्छेदन (Granular disintegration)** कहा जाता है। चट्टानों के टूटने से बनी चूरचार प्रायः पहाड़ी ढालों के नीचे आकर जमा हो जाती है। इस जमा हुई चट्टानी चूरचार को **शैल-मलवा (Scree or Talus)** कहते हैं।

पाला (Frost)—पाला चट्टानों के भौतिक अपक्षय का बड़ा ही महत्वपूर्ण साधन है। ऊँचे पर्वतीय भागों में एवं जाड़ों के अन्दर शीतोष्ण कटिबन्ध में चट्टानों का पाले द्वारा बड़ी सफलता से विखण्डन होता है। सामान्यतः कठोर से कठोर चट्टानों में भी दरारें और सँधे होती हैं। जब इन सँधों (Joints) में वर्षा का जल भर जाता है तो भीषण शीत के प्रभाव से वह

जमकर ठोस हो जाता है। जब पानी बर्फ के रूप में जमता है तो वह अपने आयतन में 10 प्रतिशत बढ़ता है और चट्टान पर प्रति वर्ग इंच लगभग 2,000 पौण्ड दबाव डालता है।¹ इस भारी दबाव से चट्टानें अन्ततः टूट जाती हैं। यद्यपि अवसादी चट्टानों में जल की अधिकता से यह क्रिया तीव्रतर होती है, किन्तु ग्रेनाइट व नीस के समान भारी तथा कठोर चट्टानें भी इस विधि से खण्ड-खण्ड हो जाती हैं। यह क्रिया केवल बड़ी-बड़ी चट्टानों तक ही सीमित नहीं होती, अपितु बड़े-बड़े चट्टानी खण्डों के छिन्न-भिन्न होकर रज-कणों में बिखर जाने तक जारी रहती है। पाले के प्रभाव से बड़ी-बड़ी ठोस चट्टानें और पहाड़ियाँ यकायक फूल की तरह खिल जाती हैं। इससे उनकी बड़ी-बड़ी दरारों में तापमान और आर्द्रता का प्रभाव पहुँच जाता है जो चट्टानों को बड़ी शीघ्रता से नष्ट करते हैं। पाले द्वारा नष्ट हुई चट्टानों को देखने से ऐसा प्रतीत होता है मानो किसी देव ने भारी हथौड़े से छितरा दिया हो। वस्तुतः एक बड़ई जिस प्रकार अपनी पत्नी से लकड़ी के बुन्दे झाड़ता है, उसी प्रकार इन चट्टानों का भी नाश होता है। चट्टानों के इस प्रकार टूटने की क्रिया को पाले द्वारा शीर्ण होना (Frost shattering) कहा जाता है। टूटी हुई चट्टानों की चूरचूर पर्वतों की तलहटियों में शैल-मलवे (Scree) के रूप में एकत्रित हो जाती है। कुछ समय के लिए यह शैल-मलवा निचले ढालों को अपक्षय से बचाता रहता है, किन्तु यह ढालों पर स्थायी रूप से एकत्रित नहीं रहता। भू-स्खलन (land slides) और हिम अवधाव (avalanches) के कारण यह ढालों से खिसकता रहता है। इसका कुछ अंश नदियों तथा हिमनदियों द्वारा प्रवाहित हो जाता है।

पाला चट्टानों को तीक्ष्ण (sculpture) करने वाला बड़ा ही प्रबल साधन है। पाले के कारण ही पर्वत-शिखर तीक्ष्ण रूप धारण करते हैं। स्नोडोन पर्वत (Snowdon) के वप्र (buttresses), मेटर्होर्न (Matterhorn) की पिरामिडनुमा आकृति तथा स्काई के ब्लैक क्यूलिन्स (Black Cullins of Skye) का टेढ़ी आरीनुमा (fietted) रूप तथा आल्प्स और हिमालय की अपने हिम-क्षेत्र के ऊपर निकली हुई राकेटनुमा चोटियाँ इसके उत्कृष्ट उदाहरण हैं। उपध्रुवीय (Subarctic) क्षेत्रों में पाला लहरों की सहायता से चौड़ी तटीय वेदिकाओं की रचना कर देता है।

वर्षा (Rainfall)—भौतिक अपक्षय में वर्षा का कोई महत्त्वपूर्ण स्थान नहीं है। वर्षा पाले की क्रिया के लिए साधन-मात्र है। वर्षा में परिवहन कार्य अपरिहार्य रूप से जुड़ा हुआ है, जिससे वृष्टि धोवन (rain wash) और मिट्टी का कटाव होता है। किन्तु वर्षा स्नेहक (lubricant) के रूप में भी कार्य करती है। भारी वर्षा के उपरान्त पहाड़ी ढालों पर स्थित शैल-मलवा (scree) अस्थिर हो जाता है। वर्षा से कुछ चीकायुक्त अवसादी चट्टानों में बुझने (slaking) की क्रिया होती है। उष्ण तथा आर्द्र प्रदेशों में शुष्क ऋतु के उपरान्त वर्षा ऋतु आती है तो चट्टानें एकान्तर क्रम (alternately) से आर्द्रता को ग्रहण करती हैं और उसे छोड़ती हैं। परिणामस्वरूप चट्टानें शैल जैसे छोटे-छोटे टुकड़ों में बिखर जाती हैं। मरुस्थली प्रदेश में तप्त चट्टानें वर्षा के कारण उसी प्रकार चटक जाती हैं जिस प्रकार काँच की गरम चिमनी पानी का छीटा लगते ही चटक जाती है।

वायु (Wind)—यद्यपि हवा निश्चित रूप से मौसम का तत्त्व है, किन्तु यहाँ इसे कारक (agent) ही समझा जाना चाहिए जो कि अपघर्षण के पदार्थों को परिवहित करता है। हवा अपक्षय का कार्य तभी करती है जबकि वह रेत अथवा बजरी से लदी हुई हो। बालू से लदी हुई हवा के थपेड़ों से चट्टानों के परत के परत उखड़ जाते हैं।

दाब-मोचन (Pressure Release)—चट्टानों के भौतिक अपक्षय का दाब-मोचन भी एक

¹ A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 113

महत्वपूर्ण प्रक्रम (process) है। जब अनाच्छादन के द्वारा ऊपर की चट्टानें हट जाती हैं तो नीचे की चट्टानें दाबमुक्त हो जाती हैं। दाब की कमी से बाहर निकली हुई नयी चट्टानें फैलती हैं और उनमें नवीन सँधे पड़ती हैं। इन सँधों (joints) से पाले द्वारा विच्छेदन में बड़ी सहायता मिलती है। ग्रेनाइट चट्टानों में यह क्रिया अधिक होती है। केलिफोर्निया में यशोमाइट घाटी में बने बड़े-बड़े गुम्बद सम्भवतः दाब मुक्ति से चट्टानों के बाहर फैलने के कारण ही बने हैं।¹

(ख) रासायनिक अपक्षय (Chemical Weathering)

चट्टानों का अपक्षय भौतिक रूप से ही नहीं, रासायनिक विधि से भी होता है। वर्षा का जल और वायुमण्डल की गैसें रासायनिक अपक्षय के मुख्य साधन हैं। जब वर्षा का अम्ल व गैस-युक्त जल तथा ऑक्सीजन व कार्बन जैसी गैसें सँधों व दरारों से चट्टानों के भीतर प्रवेश कर जाती हैं तो उनमें भारी रासायनिक प्रतिक्रिया होती है। इससे चट्टानों के अवयव ढीले पड़ जाते हैं और उनके कई तत्त्व नष्ट हो जाते हैं। फलस्वरूप चट्टानें अपघटित (decomposed) होकर भ्रष्ट हो जाती हैं। चट्टानों का अपघटन मूलतः तापमान और आर्द्रता पर निर्भर करता है। अतः रासायनिक अपक्षय का सर्वाधिक प्रभाव संसार के उष्ण और आर्द्र भागों में ही देखा जाता है। रासायनिक अपक्षय क्रिया-विशेष के अनुसार निम्न विधियों—ऑक्सीकरण (Oxidation), कार्बोनेटीकरण (Carbonation), जलयोजन (Hydration) और डीसिलिकेशन (Desilication) आदि के द्वारा होता है। ये सब विधियाँ साथ-साथ भी कार्य कर सकती हैं और स्थानीय विशेषताओं के अनुसार अलग-अलग भी।

ऑक्सीकरण (Oxidation)—जब ऑक्सीजन गैस स्वतन्त्र अथवा जल में घुले हुए रूप में चट्टान और उसके खनिज तत्वों के साथ मिल जाती है तो उसे ऑक्सीकरण कहते हैं। ऑक्सीकरण का सर्वाधिक और सफल प्रभाव लोहे के खनिजों पर होता है। नमी प्राप्त होने पर लोहे के खनिज ऑक्सीजन से मिलकर ऑक्साइडों में बदल जाते हैं। इस परिवर्तन से चट्टानें शीघ्र गलकर नष्ट हो जाती हैं। वर्षा के दिनों में लोहे की वस्तुओं पर प्रायः जंग (rust) लग जाया करती है। यह जंग ऑक्सीजन के प्रभाव से ही लगती है। हम कई चट्टानों में भूरा, पीला और लाल रंग देखते हैं। इसका कारण ऑक्सीकरण और जलयोजन है। सामान्यतः आग्नेय चट्टानों में लोहा, आयरन सल्फाइड, आयरन पाइराइट, फेरस ऑक्साइड, मैग्नेटाइट, अभ्रक व हार्नब्लेण्ड आदि खनिजों के रूप में पाया जाता है। इन खनिजों का ऑक्सीजन से मेल होने पर फेरिक कम्पाउण्ड बनता है जो बाद में लाल रंग के हेमेटाइट में बदल जाता है। जब ऑक्सीकरण के साथ जलयोजन भी होता है तो फेरिक कम्पाउण्ड लीमोनाइट में परिवर्तित हो जाता है। आयरन ऑक्साइड के जलयोजन (hydration) से पीले रंग की मिट्टी का निर्माण होता है।

जलयोजन (Hydration)—रासायनिक विधि द्वारा जल के चट्टानों के खनिजों में अवशोषित (absorption) हो जाने को जलयोजन कहा जाता है। भू-पटल की चट्टानों के खनिजों में पानी के सूख जाने पर उनका आयतन लगभग दुगुना बढ़ जाता है। मेरिल (Merril) के अनुसार कुछ खनिज अपने आयतन में 88 प्रतिशत तक बढ़ जाते हैं।² खनिजों का आयतन बढ़ जाने से चट्टान में भारी दबाव उत्पन्न होता है जिससे उनका अपघटन हो जाता है। कई बार दबाव के कारण खनिज-कण चट्टान के भीतर तीव्रता से पिसकर चूर्ण हो जाते हैं। इस क्रिया का सबसे अधिक प्रभाव फेल्सपार खनिज पर होता है। फेल्सपार जल के प्रभाव से शीघ्र घुल जाता है। घुलने पर फेल्सपार कैओलिन मिट्टी में बदल जाता है। जबलपुर के समीप विन्ध्याचल की

1 F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 79

2 Finch and Trewartha : *Elements of Geography*, p. 235

पहाड़ियों में कैओलिन की उत्पत्ति इसी प्रकार हुई है। कैल्शियम सल्फेट और जल के मिश्रण से शेलखड़ी (Gypsum) की रचना हो जाती है। ग्रेनाइट चट्टानों में पल्लवीकरण (Exfoliation) के पीछे भी यही कारण है। ग्रेनाइट में मिले हुए फेल्सपार खनिज जलयोजन के कारण फैल जाते हैं जिससे चट्टान की घुलित तहे यान्त्रिक विधि से उखड़ जाती है। फेल्सपार खनिज लगभग धरातल की समस्त चट्टानों में थोड़ी-बहुत मात्रा में पाया जाता है। इस कारण धरातल की चट्टानों में जलयोजन का प्रभाव बड़े ही व्यापक रूप से पाया जाता है।

कार्बोनेटीकरण (Carbonation)—जब पानी में कार्बन गैस घुल जाती है तो उससे एक हल्का कार्बोनिक अम्ल (carbonic acid) तैयार हो जाता है। इस कार्बोनिक अम्ल की क्रिया से चट्टानों के कुछ खनिज कार्बोनेट (carbonate) में बदल जाते हैं। अतः खनिज तत्त्वों के कार्बोनिक अम्ल की क्रिया से कार्बोनेट्स में बदल जाने को ही कार्बोनेटीकरण (carbonation) कहा जाता है। यह क्रिया आर्द्र जलवायु वाले प्रदेशों के लिए अधिक महत्वपूर्ण है।

घुलनशीलता कार्बोनेट्स का प्रमुख लक्षण है। इसी से चट्टानों के खनिज नष्ट होते हैं। अतः जिन चट्टानों में पोटाश, मैग्नेशियम व कैल्शियम एवं लोहा पाया जाता है उनमें कार्बन मिश्रित जल अधिक परिवर्तन लाने में समर्थ होता है। ये तत्त्व घुलाव उत्पन्न करते हैं जिससे चट्टानें तथा खनिज शीघ्र नष्ट हो जाते हैं। उदाहरण के लिए, कार्बोनिक अम्ल के प्रभाव से कैल्शियम कार्बोनेट और चूने का पत्थर कैल्शियम बाईकार्बोनेट में परिणत हो जाता है। इसी प्रकार लोहे के सल्फाइड अथवा पाइराइट कार्बोनिक अम्ल की क्रिया से लोहे के कार्बोनेट तथा सल्फ्यूरिक एसिड में बदल जाते हैं। आर्थोक्लेज के नष्ट होने से पोटाश एवं पोटैशियम कार्बोनेट का निर्माण होता है जो पौधों के लिए बहुत ही लाभप्रद होते हैं। ग्रेबो नामक चट्टान में अगाइट तथा लैब्राडोराइट खनिज पाये जाते हैं। कार्बोनिक अम्ल की सहायता से ये खनिज मैग्नेशियम, सोडियम, सिलिकन, लोहा और कैल्शियम कार्बोनेट में बदल जाते हैं। चूने का पत्थर साधारणतः वर्षा के जल से नहीं घुलता। किन्तु कार्बोनिक अम्ल चूने की चट्टानों को शीघ्रता से घुला देता है। भूमिगत जल में सदैव कार्बोनिक अम्ल घुला रहता है। अतः चूने के प्रदेशों में भूमिगत जल चट्टानों में भारी परिवर्तन उपस्थित कर देता है। इसके प्रभाव से चट्टानों की संधें चौड़ी हो जाती हैं और धीरे-धीरे घुलाव द्वारा उनमें नालियाँ बन जाती हैं। इन चट्टानों की ऊपरी सतह पर मिट्टी का पूर्ण अभाव रहता है। जब चूने के पत्थर में क्वार्ट्ज और क्ले (Clay) जैसी अशुद्धियाँ मिली होती हैं तो वे घुल नहीं पातीं। इनके निक्षेपण से मिट्टी का खनिज आधार तैयार होता है। यूगोस्लाविया के कार्स्ट प्रदेश में पायी जाने वाली टेरा रोसा मिट्टी अघुलनशील आयरन हाइड्रोक्साइड के जमा होने से बनी है। इसी प्रकार ग्रेनाइट और फेल्सपार कार्बोनिक अम्ल की क्रिया से मृत्तिका (clay) तथा बालू (sand) में बदल जाते हैं।

शीतोष्ण कटिबन्ध के आर्द्र प्रदेशों में एल्यूमीनियम खनिजों का बहुत अल्प मात्रा में अपघटन होता है किन्तु उष्ण मानसूनी प्रदेशों में शुष्क ऋतु में इसका बड़ी मात्रा में अपघटन होता है, जिससे अघुलनशील एल्यूमीनियम हाइड्रोक्साइड का अवक्षेपण (Precipitation) होता है जिससे धरातल के ऊपर बाक्साइट धातु की रचना होती है। जब एल्यूमीनियम की ऑक्साइड, लोहे तथा मैग्नेशियम की हाइड्रोक्साइड तथा अल्प मात्रा में सिलिका के साथ मिलती है तो इससे छिद्रयुक्त और पारगम्य मिट्टी की रचना होती है। इसका रंग लाल, पीला या भूरा होता है। यह भीतर से कोमल होती है और सरलता से ईंटों के रूप में कट जाती है। सूखने पर यह कठोर हो जाती है। दक्षिण भारत में पायी जाने वाली लेटेराइट (Laterite) मिट्टी और यूगोस्लाविया तथा ब्राजील में पायी जाने वाली टेरा रोसा (Terra Rossa) मिट्टी इसी प्रकार बनी है।

डीसिलिकेशन (Desilication)—चट्टानों में पर्याप्त मात्रा में सिलिका पाया जाता है। चट्टानों से रासायनिक विधि से इसके अलग होने को ही डीसिलिकेशन कहा जाता है। अवसादी चट्टानों की अपेक्षा आग्नेय चट्टानों में सिलिका का अंश अधिक रहता है। सिलिका शीघ्र घुलकर बह जाता है। सिलिका के चट्टानों से पृथक् हो जाने से वे निर्बल हो जाती हैं। पैंठिक आग्नेय शिलाओं का इसी कारण रासायनिक अपक्षय अधिक होता है।

रासायनिक अपक्षय का यान्त्रिक प्रभाव (Mechanical Effect of Chemical Weathering)

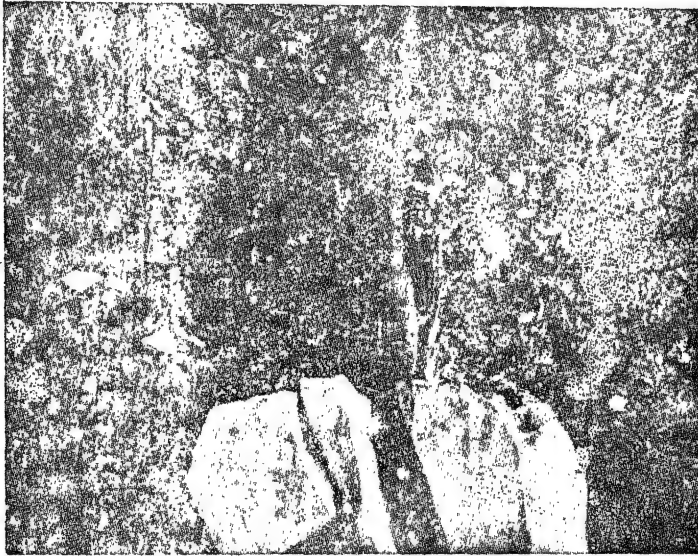
चट्टानों की सँधों एवं दरारों से जब वर्षा-जल उनके भीतर पहुँचता है तो उससे चट्टानों में रासायनिक परिवर्तन होता है। इससे चट्टानों का ऊपरी भाग आयतन में बढ़ जाता है और मुख्य चट्टान से यान्त्रिक विधि से पृथक् हो जाता है। सँधि तलों (joint plane) के सहारे अलग हुई चट्टानों की परतें छोटे-छोटे असमान टुकड़ों में विभक्त हो जाती हैं। तदनन्तर ये पहाड़ी ढालों के सहारे खिसककर नीचे आधार में भग्नाश्म राशि (Talus) के रूप में जमा हो जाती हैं। चट्टानों के कोने तथा किनारे तीनों ओर से खुले होने के कारण अधिक प्रभावित होते हैं और धीरे-धीरे गोलाकार आकृति ग्रहण कर लेते हैं। इसे **गोलाश्म अपक्षय (Spheroidal Weathering)** कहते हैं। उष्ण तथा आर्द्र प्रदेशों में भारी व खुरदरे दानों वाली चट्टानें प्रायः गोलाकार रूप ग्रहण कर लेती हैं। जैसे छोटा नागपुर के पठार पर ग्रेनाइट व ग्रेनाइट नीस की पहाड़ियाँ गुम्बदाकार रूप की हैं।

(ग) जैविक अपक्षय

(Biological or Organic Weathering)

धरातल पर जैविक अपक्षय वनस्पति, जीव-जन्तु एवं मनुष्य तीनों साधनों द्वारा होता है :

(1) **वनस्पति (Vegetation)**—चट्टानों के अपक्षय में वनस्पति का भी योग रहता है। वनस्पति से चट्टानों का भौतिक एवं रासायनिक दोनों प्रकार से अपक्षय होता है। पेड़-पौधों की



चित्र 236—वृक्ष द्वारा ग्रेनाइट चट्टानों का विखण्डन

जड़ें चट्टानों की सँधों में प्रवेश कर निरन्तर भीतर घुसने का प्रयास करती हैं। ज्यों-ज्यों जड़ें भीतर प्रवेश करती हैं और मोटी होती जाती हैं, वे चट्टानों की सँधों पर अधिकाधिक दबाव डालती हैं।

है। फलस्वरूप चट्टानों की संधि फैलकर चौड़ी हो जाती है। जड़ों की इस क्रिया से चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े टूटकर अलग हो जाते हैं। यही नहीं, जड़ों के प्रभाव से संधियों और दरारों के चौड़ा हो जाने पर उसमें हवा और जल बहुत भीतर तक प्रवेश कर जाते हैं जिससे चट्टानें शीघ्र विदीर्ण होने लगती हैं।

सभी प्रकार के पेड़-पौधे चट्टानों से कुछ विशेष प्रकार के तत्त्वों को खींचते हैं। इस विधि से वे रासायनिक अपक्षय में सहायता करते हैं। बैक्टीरियायुक्त जल की चट्टानों की खनिजों एवं मिट्टी पर तीव्र प्रतिक्रिया होती है। मिट्टी में मिले हुए जीव (organisms) तथा वनस्पति पदार्थ जीवाणु (bacteria) की क्रियाओं द्वारा सड़ जाते हैं। इससे मिट्टी में कार्बन, जैविक अम्ल, अमोनिया तथा नाइट्रिक अम्ल आदि की उत्पत्ति होती है। इन सब पदार्थों के उत्पन्न होने से मिट्टी अथवा चट्टान अधिक घुलनशील बन जाती है। फलस्वरूप ऐसी चट्टानों को जल शीघ्र घुलाकर उनका विनाश कर देता है। इसके अतिरिक्त मिट्टी में मिले हुए वनस्पति पदार्थ जब सड़कर नष्ट हो जाते हैं तो उससे मिट्टी में ह्यूमस (humus) की उत्पत्ति होती है। ह्यूमस के कारण जल की घुलनशक्ति इतनी बढ़ जाती है कि प्रायः अघुलनशील पदार्थों (जैसे लिमोनाइट) को भी वह घुला लेने में सफल होता है।

वनस्पति चट्टानों के अपक्षय के साथ-साथ उनकी रक्षा का कार्य भी करती है। पेड़-पौधे एवं घास की जड़े मिट्टी को बाँध लेती हैं और उसे हवा द्वारा उड़ा ले जाने अथवा पानी द्वारा बहा ले जाने से सुरक्षित रखती हैं। वनस्पति वर्षा के जल को अपनी जड़ों में सुरक्षित रखती है। इस प्रकार यह नदियों में जल के प्रवाह को नियमित तथा नियन्त्रित रखती है। वनस्पति से भूमि बाढ़ एवं मिट्टी के क्षय से बची रहती है। वनस्पतिहीन क्षेत्रों में बाढ़ एवं मिट्टी के कटाव से भूमि बेकार हो जाती है।

(2) जीव-जन्तु (Animals)—जीव-जन्तुओं के चट्टानों पर भौतिक तथा रासायनिक दोनों ही प्रभाव होते हैं। गीदड़, लोमड़ी, सहि, बिज्जू, चूहे, दीमक, केचुए तथा अन्य असंख्य कीड़े-मकोड़े भूमि को खोदकर अपने लिए सुरक्षित बिल तैयार करते हैं। इससे भूमि कमजोर हो जाती है। कमजोर चट्टानों को हवा तथा वर्षा शीघ्रता से हटा देती है। चट्टानों को कमजोर करने में दीमक तथा केचुए का कार्य बड़ा विलक्षण होता है। होम्स के अनुसार प्रति एकड़ मिट्टी में 1,50,000 केचुए हो सकते हैं जो एक वर्ष की अवधि में 10-15 टन चट्टानों को उम्दा मिट्टी बनाकर नीचे से ऊपर लाते हैं।¹ कई जीव-जन्तु अपने शरीर से कई प्रकार के अम्ल निकालते हैं। इससे चट्टानों पर रासायनिक प्रतिक्रिया होती है और वे अपक्षय के अधिक योग्य बन जाती हैं।

(3) मनुष्य (Man)—चट्टानों के जैविक अपक्षय में मनुष्य स्वयं एक बहुत बड़ा साधन है। वह खेत और बगीचे बनाने के लिए भूमि को खोदता है। मकान बनाने के लिए मिट्टी और चट्टानों को तोड़ता है। खनिज पदार्थ निकालने के लिए भूमि में गहरे गड्ढे करता है तथा रेलें, सड़कें व कारखाने बनाने के लिए चट्टानों को काटता है। इस प्रकार मनुष्य अनेक प्रकार से चट्टानों को तोड़कर उन्हें कमजोर करता रहता है।

यद्यपि अपक्षय की तीव्रता चट्टानों की संरचना, उनकी संरक्षता, वनस्पति के आवरण, ढाल तथा वर्षा के ऊपर निर्भर करती है, परन्तु प्रत्येक स्थान पर होने वाली क्षति पर जलवायु का प्रभाव ही अधिक होना है। जलवायु के अनुसार ही अपक्षय की मात्रा और वेग रहता है। विषुवत-रेखीय प्रदेशों में जहाँ तापमान और आर्द्रता दोनों ही अधिक रहते हैं, रासायनिक अपक्षय बहुत

¹ A. Hoim. *Principles of Physical Geology*, p. 115

प्रभावशाली होता है। उष्ण कटिबन्ध में जहाँ स्पष्ट रूप से शुष्क और आर्द्र वस्तुओं का क्रम रहता है वहाँ शुष्क ग्रीष्मऋतु में तीव्रता से वाष्पीकरण होता है और वर्षाऋतु में खनिजों का अवक्षेपण होता है जिससे लेटेराइट मिट्टी की रचना हो जाती है। शुष्क मध्यमोष्ण प्रदेशों में रासायनिक अपक्षय की न्यूनता रहती है। यहाँ गर्मी के प्रभाव से चट्टानों का भौतिक अपक्षय तीव्रता से होता है। शीतोष्ण कटिबन्ध में पाले का सर्वाधिक प्रभाव रहता है और चूने के प्रदेशों में घोल-क्रिया सफल होती है। ध्रुवीय क्षेत्रों में भूमि हिम में ढके रहने के कारण माधारणतः अपक्षय का अभाव मिलता है। यहाँ हिम से बाहर निकले हुए भागों पर पाले की तीव्र प्रतिक्रिया होती है। यहाँ रासायनिक और जैविक साधनों का प्रभाव नगण्य रहता है।

गतिशील शक्तियाँ (Mobile Forces)

अपरदन (Erosion)—अपक्षय की क्रियाओं में चट्टानों का बराबर विघटन होता रहता है। विघटन से चट्टानें चूर-चूर होती रहती हैं। चट्टानों की यह चूर उसी स्थान पर एकत्रित होती रहती है या गुरुत्वाकर्षण के द्वारा फिसलकर ढाल के नीचे जमा हो जाती है। इसके विपरीत अपरदन की क्रिया गतिशील होती है। इसमें अपरदन की विभिन्न शक्तियाँ अपक्षय द्वारा तैयार चट्टान-चूर्ण को अपने साथ लेकर एक स्थान से दूसरे स्थान को पहुँचाती रहती हैं। इन शक्तियों के साथ प्रवाहित चट्टानी टुकड़े दो प्रकार से अपरदन का कार्य करते हैं। एक तो चट्टानी टुकड़े स्वयं ही आपस में टकराकर टूटते-फूटते रहते हैं और दूसरा ये अपने सम्पर्क में आने वाली धरातली चट्टानों को खुरचते चलते हैं। उपरोक्त विवेचन से यहाँ यह भ्रान्ति हो सकती है कि अपरदन के लिए अपक्षय की क्रिया का होना आवश्यक है। किन्तु ऐसी बात नहीं है। आक्षय और अपरदन दोनों भिन्न और स्वतन्त्र क्रियाएँ हैं। यह आवश्यक नहीं है कि अपक्षय के बाद ही अपरदन हो। बिना अपक्षय के भी अपरदन की क्रिया सम्पन्न हो सकती है। इसी प्रकार बिना अपरदन के भी अपक्षय की क्रिया हो सकती है। दोनों क्रियाएँ अलग-अलग और साथ-साथ भी कार्य कर सकती हैं। थॉर्नबरी के शब्दों में, "It is true, of course, that weathering is a preparatory process and may make erosion easier, but it is not prerequisite to nor necessarily followed by erosion."¹

वस्तुतः अंग्रेजी का 'Erosion' शब्द लैटिन के 'Erodere' शब्द से बना है जिसका तात्पर्य कुतरने से होता है। अस्तु, अपरदन शब्द से आशय उस क्रिया से है जिसके अन्तर्गत अपरदन के विभिन्न साधन—नदी, हिमनदी, वायु, भूमिगत जल और समुद्री लहरें—धरातल की चट्टानों को खुरचते हुए तथा उसके चट्टानी मलवे को अलग कर उसे अपने साथ बहाकर अन्यत्र ले जाते हैं। इस प्रकार संक्षेप में चट्टानों के अपघर्षण, क्षरण तथा परिवहन के सामूहिक रूप को अपरदन कहा जाता है।

अपरदन की सम्पूर्ण प्रक्रिया के मुख्य तीन अंग हैं जो निम्न प्रकार हैं :

- (1) अपक्षय द्वारा तैयार शैल-मलवे को गतिशील शक्तियों द्वारा ग्रहण करना (picking)।
- (2) प्राप्त शैल-मलवे को गतिशील शक्तियों द्वारा अन्यत्र बहाकर ले जाना अर्थात् परिवहन (transportation) करना।
- (3) परिवहन के समय चट्टानी टुकड़ों का पारस्परिक घर्षण से टूटना-फूटना तथा सम्पर्क में आने वाली भू-पटल की चट्टानों का अपघर्षण करना अर्थात् खुरचना (etching)। इसमें चट्टानी टुकड़े अपरदन के लिए औजार का कार्य करते हैं तथा अपने मार्ग में आने वाली चट्टानों का विभिन्न प्रकार से अपरदन करते हैं।

¹ W. D. Thornbury: *Principles of Geomorphology*. p. 37

परिवहन—परिवहन अपरदन का महत्वपूर्ण अंग है। परिवहन की मुख्य तीन विधियाँ हैं।

(1) अपरदन का साधन चट्टानों को घुलाकर अदृश्य रूप से ले जाये; जैसे नमक और चूना सदैव पानी में घुले हुए रूप में बहते हैं।

(2) अपरदन का साधन चट्टानों के महीन कणों को अपने साथ तैरते हुए बहा ले जाये; जैसे बाढ़ के समय बड़ी मात्रा में मिट्टी के कण इसी प्रकार स्थान्तरित होते हैं।

(3) अपरदन का साधन अपने प्रभाव वेग से शैल-मलवे अथवा धूल-कणों को तलहटी के साथ घसीटते हुए या स्वतन्त्र रूप से बहा ले जाये। उदाहरणतः, पानी में चट्टानी टुकड़े और हवा में धूल-कण इसी प्रकार हटते हैं।

अपरदन के कारक (Agents of Erosion)—अपरदन की क्रिया में भाग लेने वाली शक्तियों को अपरदन के साधन कहा जाता है। ये साधन विभिन्न प्रकार के हैं। इनके कार्य करने की विधियाँ भी भिन्न होती हैं। इसलिए अपरदन के सभी साधन समान रूप से अपरदन कार्य नहीं करते। अपरदन के मुख्य साधन निम्न हैं।

- (1) भूमिगत जल,
- (2) नदियाँ,
- (3) हिमनदियाँ,
- (4) पवन,
- (5) समुद्री लहरें।

अपरदन के रूप (Types of Erosion)—धरातल के ऊपर चट्टानों के अपरदन की क्रिया एक ही रूप से नहीं वरन् कई रूपों में सम्पन्न होती है। अपरदन के विभिन्न कारक भिन्न-भिन्न रूपों से अपरदन की क्रिया को पूरा करते हैं किन्तु फिर भी कुछ क्रियाएँ सभी कारकों में एक जैसी होती हैं। यहाँ अपरदन की क्रियाओं के सामान्य रूपों का उल्लेख किया जा रहा है :

(1) **अपघर्षण (Abrasion or Corrasion)**—अपरदन के कारक अपने साथ कंकड़-पत्थर आदि पदार्थ बहाकर ले जाते हैं। ये पदार्थ भू-पटल की जिन चट्टानों के ऊपर से होकर गुजरते हैं उसको भी खुरचते चलते हैं। वस्तुतः अपरदन कारकों के साथ बहने वाले कंकड़-पत्थर भूमि को काटने के यन्त्र (tools) का कार्य करते हैं। इस प्रकार अपघर्षण एक ऐसी यान्त्रिक क्रिया है जिसमें कंकड़-पत्थर आपसी रगड़ से स्वयं को घिसने के साथ-साथ अपने सम्पर्क में आने वाली चट्टानों को भी घिस डालते हैं। कंकड़-पत्थर द्वारा चट्टानों के घर्षण की इस क्रिया को ही अपघर्षण कहा जाता है। अपघर्षण की क्रिया मुख्यतः नदी द्वारा अधिक होती है किन्तु हिमानी हवा और समुद्री लहरें आदि भी अपघर्षण के कार्य में महत्वपूर्ण भाग लेती हैं।

(2) **संनिघर्षण (Attrition)**—यह भी यान्त्रिक अपरदन का एक रूप है। इसमें अपरदन के कारकों के साथ बहने वाले कठोर चट्टानी टुकड़े व गोलाश्म आदि आपसी घर्षण से टूटते-फूटते रहते हैं। इस प्रकार प्रवाहित होने वाले चट्टानी टुकड़ों का आकार बदलता रहता है। छोटे टुकड़े बड़े टुकड़ों के नीचे पिस जाते हैं। कुछ पारस्परिक रगड़ से घिसकर नुकीले, गोल तथा चिकने हो जाते हैं। कालान्तर में चट्टानों के टुकड़े बजरी और अन्त में बालु में परिणत हो जाते हैं। संनिघर्षण की क्रिया नदी, हिमनदी, समुद्री लहरों तथा हवा द्वारा होती है।

(3) **संश्लारण (Solution or Corrosion)**—यह एक रासायनिक क्रिया है जो जल द्वारा की जाती है। इसके अन्तर्गत जल के सम्पर्क में आने वाली चट्टानों के घुलनशील खनिज तत्त्व घुलकर चट्टानों से अलग हो जाते हैं और जल के साथ मिल जाते हैं। यह क्रिया बहते हुए जल तथा भूमिगत जल द्वारा होती है।

(4) **जलीय दाब की क्रिया (Hydraulic Action)**—यह जल की एक यान्त्रिक क्रिया है। इसमें जल बिना किसी अन्य सामग्री की सहायता लिए केवल अपने दबाव के कारण मार्ग में पड़ने वाली चट्टानों के कर्णों को ढीला बनाकर उन्हें हटाकर बहा ले जाता है। यह क्रिया केवल नदी द्वारा ही सम्पन्न होती है।

(5) **अपवाहन (Deflation)**—यह क्रिया मुख्यतः हवा द्वारा होती है। इस क्रिया में हवा भौतिक अपक्षय द्वारा विखण्डित पदार्थों को—जो शुष्क और असंगठित होते हैं—अपने साथ उड़ाकर अन्यत्र ले जाती है जिससे भूमि का तल नीचा होता जाता है। ऐसी क्रिया मरुस्थलों में अधिक सम्पन्न होती है।

(6) किसी भी स्थान पर अपरदन की गति उसके साधन (Agents) के विस्तार और तीव्रता पर निर्भर करती है। अपरदन के साधन अपनी गति, भार, आयतन और स्वभाव से भिन्न होते हैं। इनका कार्य धरातल की संरचना और ढाल के ऊपर बहुत अधिक निर्भर करता है। अतः अपरदन के साधनों के अनुसार उनकी विशेषताएँ भिन्न-भिन्न हो जाती हैं।

चट्टानों के अपक्षय और अपरदन दोनों ही प्रक्रमों के अभाव से भू-पटल पर निम्नीकरण (degradation) का कार्य होता है। निम्नीकरण से भूमि का नाश होता है और उनका समुद्र-तल के सापेक्ष आधार तल (grade) तक अपचयन (reduction) होता है।

निक्षेपण (Deposition)—अपरदन के साधन उपयुक्त अवस्थाओं में पदार्थों को परिवहित करने में समर्थ होते हैं किन्तु जैसे ही ये साधन शक्तिहीन होते हैं उनमें पदार्थों को बहा ले जाने की शक्ति भी घट जाती है। फलस्वरूप वे स्थान-स्थान पर पदार्थों का निक्षेप करने लगते हैं। इस क्रिया को **निक्षेपण** कहा जाता है। निक्षेपण के द्वारा भूमि-तल ऊँचा उठ जाता है और स्थानीय तल (local grade) से नीचे वाली ऊँचाइयाँ भर जाने से उसके बराबर हो जाती हैं। इस प्रकार निक्षेपण से **अधिबर्द्धन (Aggradation)** कार्य पूर्ण होता है।

धरातल पर पदार्थों का निक्षेपण विभिन्न अवस्थाओं और विभिन्न साधनों द्वारा सम्पन्न होता है। निक्षेपण-कार्य बहते हुए जल, चलते हुए हिम, लहरे तथा पवन किसी भी साधन से हो सकता है। विभिन्न साधन और अवस्थाएँ मिलकर निक्षेप के ऐसे रूपों को जन्म देती हैं जो प्रायः भू-पटल के विशिष्ट भू-आकारों के विकास से सम्बन्धित होते हैं।

अनाच्छादन पर मानव-जीवन का प्रभाव

अनाच्छादन का मानव पर निम्न प्रकार से प्रभाव होता है :

(1) इसके द्वारा चट्टानों का क्षय होता है जिससे अन्त में मिट्टी की रचना होती है। मिट्टी मानव-जीवन का आधार है। इससे मानव अपनी भरण-पोषण की समस्या हल करता है और आर्थिक विकास की ओर उन्मुख होता है।

(2) इस क्रिया से चट्टानों के विभिन्न खनिज-कण धुलते रहते हैं। धुलने के उपरान्त ये कण किसी स्थान पर एकत्र हो जाते हैं। इस तरह कई बहुमूल्य खनिज धरातल पर प्राप्त होते हैं, जिन्हें सरलता से खोदकर निकाला जा सकता है। जिप्सम, चूना व बॉक्साइट आदि खनिज इसी प्रकार प्राप्त होते हैं।

(3) अपक्षय से चट्टानों का चूर्ण होता रहता है। यह पहाड़ी ढालों के नीचे एकत्रित हो जाता है। जब पहाड़ी भागों से नदियाँ निकलकर आती हैं तो यह चट्टान चूर्ण को बहा ले जाती हैं और उसे मैदानों में बिछा देती हैं। फलस्वरूप मैदानों की उपजाऊ शक्ति बढ़ जाती है।

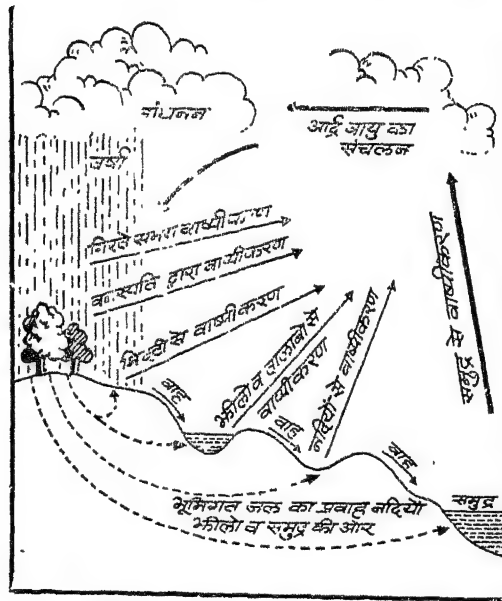
(4) पर्वतीय क्षेत्रों में भू-स्खलन से झीलों की रचना होती है।

(5) निक्षेपण-कार्य से भूमि समतल होती है।

सक्षेप में, अनाच्छादन का मानव-जीवन पर प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से गहरा प्रभाव होता है।

भूमिगत जल (UNDERGROUND WATER)

भूमिगत जल धरातल पर जल की पूर्ति का महत्वपूर्ण साधन है। काफी प्राचीन समय से लोगों का यह दृढ़ विश्वास रहा है कि न केवल कुएँ और स्रोत अपितु नदियाँ भी विशाल अधोभूमि



जलाशयों द्वारा पोषित होती है। चूने के प्रदेशों में प्रवाहित अधोभूमि धाराओं और भूमि पर अनेक स्रोतों के रूप में निर्गमित अन्तरभूमि जल ने इस विश्वास को पुष्ट किया है। मिस्र और मेसोपोटामिया जैसे शुष्क देशों में बहने वाली नदियाँ इस बात को और भी स्पष्ट कर देती हैं। इन नदियों का पोषण केवल वर्षा-जल के द्वारा ही नहीं होता है। इनके पोषण में भूमिगत जल का विशेष हाथ है। इक्विसियाट्स (Ecclesiastes) के लेखक का यह कथन "All the rivers run into the sea, yet the sea is not full"¹ बड़ा महत्वपूर्ण है। उसका यह निष्कर्ष था कि समुद्रों का शेष जल वापसी परिसंचरण (return circulation) द्वारा भूमि के अन्दर समुद्र-तल से नदियों के उद्गम स्थलों को पहुँच जाता है। किन्तु वह यह स्पष्ट नहीं कर सका कि समुद्र का जल किस प्रकार पुनः नदियों के उद्गम स्थलों की ऊँचाई को चढ़ पाता है और किस प्रकार भूमि पर कुओं और स्रोतों में ताजे मीठे जल के रूप में फूट पड़ने के पूर्व उसका खारापन दूर होता है। लगभग 17वीं शताब्दी में हेली (Halley) ने इस बात को स्पष्ट किया। उसने बताया कि समुद्र से नदियों में जल का परिसंचरण भूमि के अन्दर नहीं होता। इस परिसंचरण का माध्यम वायुमण्डल है जो वाष्पीकरण और वर्षा के द्वारा सम्पन्न होता है।

¹ A. Holms : Principles of Physical Geology, p. 126

भूमिगत जल का आशय

पृथ्वी-तल के ऊपर और नीचे प्राप्त जल-राशि वर्षा की ही देन है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि प्रतिवर्ष स्थल पर गिरने वाली वर्षा का औसत लगभग 40 इंच रहता है। इस वर्षा के जल का परिमाण करीब 35,000 घन मील बैठता है। स्थल पर वर्षा में प्राप्त जल राशि में से 6,500 घन मील पानी ही नदियाँ प्रतिवर्ष समुद्रों में प्रवाहित कर पाती हैं।¹ अतः स्पष्ट है कि वर्षा-जल का अधिकतर भाग नदियों द्वारा समुद्रों में नहीं पहुँचता।

जब भूमि पर वर्षा होती है तो उसका कुछ अंश भाप बनकर उड़ जाता है, कुछ बहकर नष्ट हो जाता है और कुछ भूमि द्वारा सोख लिया जाता है। साधारणतः शीतोष्ण तथा आर्द्र और निचले प्रदेशों में लगभग एक-तिहाई जल ढालू धरातल पर बह जाता है, एक-तिहाई अर्थात् 12,000 घन मील जल भूमि में प्रवेश कर जाता है और शेष वाष्पीकरण द्वारा नष्ट हो जाता है। अतः वर्षा-जल का वह अंश जो भूमि द्वारा सोख लिया जाता है, भूमिगत जल कहलाता है।

भूमिगत जल के साधन

यद्यपि भूमिगत जल की अधिकतर पूर्ति वर्षा द्वारा होती है किन्तु वह केवल वर्षा-जल का ही परिणाम नहीं है। शीत प्रधान प्रदेशों में जहाँ वर्षा हिम-रूप में होती है, लम्बे समय तक भूमि हिम से ढकी रहती है। अतः ऐसे क्षेत्रों में हिम धीरे-धीरे पिघलकर संधों तथा दरारों द्वारा भूमि के भीतर प्रवेश कर जाता है। इसी प्रकार नदियों और झीलों के तल से निःस्रावित जल भी भूमि में नीचे जाकर भूमिगत जल का अंग बन जाता है। भूमि में इन सभी साधनों से पहुँचने वाले जल को **उत्काजात जल** या **अवपृष्ठ जल** (Meteoric Water) कहा जाता है।

धरातल पर बिछी हुई अधिकांश चट्टानें जलज चट्टानें हैं। इन चट्टानों में जल का पर्याप्त अंश रहता है। पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों से जब ये चट्टानें नीचे दब जाती हैं तो भारी दबाव से इनमें से जल निकलने लगता है जो रिक्त स्थानों में संग्रहीत हो जाता है। इस प्रकार के भूमिगत जल को **सहजात जल** (connate water) कहते हैं।

भूमि में कई प्रकार के खनिज हैं। कई खनिज ऐसे होते हैं जिनमें जल का बहुत अंश होता है। जब कभी आग्नेय क्रिया होती है तो ये खनिज पिघलते हैं जिससे इनमें निहित जल पृथक हो जाता है और आसपास भूमि के छिद्रों अथवा दरारों में एकत्रित हो जाता है। इस जल को **तरुण जल** (juvenile water) अथवा **मैग्मीज जल** (Magmatic water) कहा जाता है।

इस प्रकार भूमिगत जल से आशय उस समस्त जल-राशि से है जो उपरोक्त साधनों से भूमि में संग्रहीत रहती है। विद्वानों का अनुमान है कि पृथ्वी में भूमिगत जल की इतनी राशि विद्यमान है कि यदि उसे धरातल के ऊपर फैलाया जाय तो समस्त भू-पटल पर 500 फुट (170 मी.) गहरा समुद्र लहराने लग जाये।² **श्लिचर** (Slitcher) महोदय के मतानुसार भूमिगत जल की मात्रा इतनी अधिक है कि उसे धरातल पर लाने से सर्वत्र 1000 से 1200 मीटर ऊँची जल की सतह बन जायेगी। इस भूमिगत जल की अधिकांश राशि लम्बे समय तक सम्भवतया स्थायी तौर पर चट्टानों की संधों में भरी रहती है। जल का कुछ अंश भूमि में निरन्तर वनते रहने वाले नवीन खनिजों का भाग बन जाता है। इस जल का लगभग एक-तिहाई भाग चट्टानों की रन्ध्रों द्वारा स्रोतों के रूप में पुनः भूमि पर प्रकट हो जाता है।³ इसीलिए कुछ विद्वानों ने भूमिगत जल को सतही प्रवाह का अंग माना है। वही जल व भी भूमि के ऊपर तो कभी भूमि के अन्दर प्रवाहित

¹ Salisbury : *Physiography*, p. 72

² Salisbury : *Physiography*, p. 77

³ Hinds : *Geomorphology*, p. 732

हो सकता है। वर्षाकाल में कई नदियों का प्रभाव सतह पर होता है, परन्तु शुष्ककाल में वे अपने बजरी-तल (gravel bed) के नीचे बहती हैं। भूमिगत जल का जो अंश कुओं और स्त्रों के रूप में पुनः धरातल पर प्रकट होता है वह विलम्ब प्रवाहित जल (Delayed rain) कहलाता है।

भूमिगत जल को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Ground Water)

यद्यपि भूमि के नीचे जल का प्रचुर भण्डार है परन्तु प्रत्येक स्थान पर अन्तरभौम जल की राशि भिन्न होती है। वर्षा के उपरान्त जो पानी अन्तःस्ववण (Percolation) द्वारा भूमि में पहुँचता है उसकी मात्रा सर्वत्र एकसी नहीं होती। इसके निम्न कारण हैं :

(1) ढाल—भूमि में रिसने वाले जल की गति भूमि के ढाल पर निर्भर रहती है। भूमि का ढाल जितना अधिक होता है वर्षा का जल अथवा पिघलती हुई हिम उतनी ही शीघ्रता से बह जाती है। जब जल शीघ्रता से बहता है तो उसे वाष्पीकरण के द्वारा उड़ने अथवा भूमि में रिसने का बहुत कम अवसर मिलता है।

(2) वर्षा की तीव्रता—भूमि में जल का प्रवेश बहुत ही मन्द गति से होता है। जब भूमि ठोस होती है तो यह गति और भी धीमी हो जाती है। पानी जब भूमि में सोखता है तो पहले वह तल के रन्ध्रों को भरता है। इन रन्ध्रों का जल जब तक अधिक गहराई में प्रवेश कर उन्हें रिक्त नहीं कर देता तब तक तल और अधिक जल को भीतर नहीं घुसने देता। अतः जब वर्षा तीव्रता से होती है तो वर्षा-जल का बहुत कम अंश भूमि में प्रवेश कर पाता है। अधिकांश जल तल के ऊपर होकर बह जाता है। मन्द वर्षा के समय वर्षा-जल को भीतर प्रवेश करने का अधिक अवसर मिलता है।

(3) चट्टानों की सरन्ध्रता—अरन्ध्र चट्टानों की अपेक्षा सरन्ध्र चट्टानें वर्षा-जल को शीघ्र और अधिक मात्रा में ग्रहण करती हैं, क्योंकि इनके निर्माणक कणों के बीच रिक्त स्थान अधिक बड़ा होता है। यही कारण है कि शैल अथवा बेसाल्ट जैसी ठोस चट्टानें एवं चिकनी मिट्टी बहुत कम पानी को अपने अन्दर प्रवेश करने देती हैं। ये वर्षा के अधिकांश जल को तल के ऊपर से ही बह जाने देती हैं। इसके विपरीत बालुका प्रस्तर, चूने का पत्थर एवं बालू और बजरी में जल शीघ्रता से भीतर प्रवेश कर जाता है।

(4) मिट्टी में जल की उपस्थिति—यदि मिट्टी में वर्षा के पूर्व ही जल का पर्याप्त अंश विद्यमान हो तो उसमें वर्षा-जल का बहुत कम अंश प्रवेश कर पायेगा। वर्षा का अधिक भाग तल के ऊपर बहकर निकल जायेगा।

(5) वनस्पति की मात्रा—वनस्पति की न्यूनाधिकता भी भूमिगत जल को प्रभावित करती है। वनस्पति की सघनता धरातल पर बहने वाले जल के मार्ग में अवरोध खड़ा करती है जिससे अधिक समय तक जल धरातल के ऊपर बना रहता है। लम्बी अवधि तक जल के भूमि पर बने रहने से उसको भूमि में नीचे घँस जाने के लिए यथेष्ट समय मिल जाता है। इस प्रकार बहुत कम पानी बहकर नष्ट होता है।

(6) वायु की शुष्कता—यदि हवा शुष्क होती है तो वह अधिक जल-राशि को भाप बना कर उड़ा ले जाती है। यही कारण है कि शुष्क प्रदेशों में वर्षा-जल न तो पूरी तरह भूमि में रिस ही पाता है और न अच्छी तरह बहता ही है, बल्कि शुष्क हवा उसे बीच में ही चट कर जाती है।

(7) अन्तरभौम जल की गति—सामान्यतः किसी भी स्थान पर भूमिगत जल की मात्रा यदि अन्य सब बातें समान हों, तो वहीं अधिक होगी जहाँ वर्षा अधिक होती है। किन्तु यह बालू पूर्ण रूप से वर्षा पर ही आधारित नहीं है। एक स्थान पर होने वाली वर्षा का जल अथवा भूमिगत जल

के रूप में प्रवाहित होकर अन्यत्र जा सकता है। उदाहरणतः, राँकीज पर्वतों में होने वाली वर्षा का जल अधोभूमि जल के रूप में सरन्ध्र चट्टानों से होकर मध्यवर्ती बड़े मैदान में पहुँच जाता है।

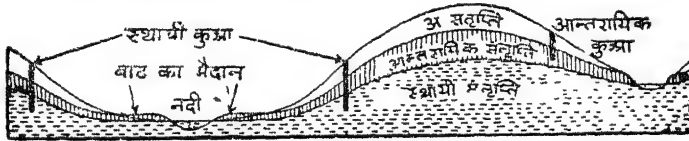
भूमिगत जल की सीमा

भू-पटल पर सर्वत्र ही पारगम्य शैलों के नीचे अपारगम्य शैले पायी जाती है। पारगम्य शैले सरन्ध्र होने के कारण उनमें वर्षा का जल प्रवेश कर जाता है। किन्तु अपारगम्य शैलो में जल प्रवेश नहीं कर पाता। अतः भूमि में वर्षा-जल के प्रवेश कर नीचे जाने की सीमा अपारगम्य शैलें ही होती है। परन्तु भूमि के अन्दर इन शैलों की स्थिति और गहराई निश्चित नहीं है। कहीं-कहीं बहुत अधिक गहराई तक भी अपारगम्य शैले नहीं मिलती। किन्तु भूमि में जल के नीचे पहुँचने की एक सीमा होती है उससे नीचे वह नहीं पहुँचता। सामान्यतः धरातल के निकट की शैलो में रन्ध्र बड़े और अधिक होते हैं। गहराई बढ़ने पर ऊपरी दबाव के कारण ये रन्ध्र छोटे होते जाते हैं। फलस्वरूप जल के नीचे उतरने में कठिनाई बढ़ती जाती है। ऐसा अनुमान है कि एक या दो किलोमीटर की गहराई पर सभी रन्ध्र बहुत छोटे हो जाते हैं और 20 किलोमीटर की गहराई के उपरान्त भारी दबाव के कारण सभी रन्ध्र बन्द हो जाते हैं। अतः भूमि में इस गहराई तक ही भूमिगत जल मिल सकता है। भू-पटल में जहाँ कहीं अपारगम्य शैले कम गहराई पर ही विद्यमान होती है वहाँ भूमिगत जल इन शैलों के ऊपर ठहर जाता है। धरातल के ऊपर प्राप्त होने वाला अधिकांश भूमिगत जल एक या दो किलोमीटर से अधिक गहरा नहीं होता।

भूमिगत जल-तल (Water Table)

भू-पटल के नीचे कुछ गहराई के उपरान्त सभी शैल रन्ध्र जल से संतृप्त (saturated) रहते हैं। भूमि में इस संतृप्तता की ऊपरी सीमा को ही भूमिगत जल-तल (water tabel) अथवा संतृप्तता का जल (level of saturation) कहा जाता है। सेलिसबरी के अनुसार, “किसी प्रदेश की अधोभूमि का वह तल जिसके नीचे चट्टानों के जल से ओतप्रोत रहती है, उस प्रदेश का भूमिगत जल-तल कहलाता है।”

भूमि में इस जल-तल की कोई समतल रेखा नहीं पायी जाती। सामान्यतः जल रेखा धरातलीय बनावट का अनुसरण करती है। पहाड़ियों के नीचे जल-रेखा मेहराबनुमा होती है और घाटियों में यह नीचे झुकी हुई रहती है। वस्तुतः इसका विस्तार वही भी एकसा नहीं होता। वर्षा-



चित्र 238—भूमिगत जल-तल

काल में जल-रेखा ऊपर बढ़ जाती है और शुष्क ऋतु में नीची हो जाती है। यदि हम धरातल के ऊपरी भाग से नीचे की ओर चले तो संतृप्तता की दृष्टि से स्पष्ट तीन भाग देखे जा सकते हैं :

(1) असंतृप्त क्षेत्र (Zone of Non-saturation)—यह क्षेत्र कभी भी जल से भरा हुआ नहीं रहता। इस क्षेत्र से होकर जल रन्ध्रों द्वारा निचली सतह को चला जाता है। यहाँ मिट्टी जल का कुछ अंश रोक लेती है जो पौधों की जड़ों के उपयोग में आता है।

(2) आन्तरायिक संतृप्त क्षेत्र (Zone of Intermittent Saturation)—यह एक ऐसा क्षेत्र है जिसमें जलतल की ऊपरी सीमा रहती है। लम्बी वर्षा ऋतु के बाद यह सम्पूर्ण भाग संतृप्त हो जाता है, किन्तु शुष्क ऋतु में जल-तल की रेखा बहुत नीचे खिसक जाती है।

(3) स्थायी संतृप्त क्षेत्र (Zone of Permanent Saturation)—यह क्षेत्र सदैव जल से ओतप्रोत रहता है। सामान्यतः 2000 से 3000 फुट की गहराई पर स्थायी जल-तल पाया

जाता है। यह भूमिगत जल-तल का सबसे नीचा तल है। जहाँ कहीं स्थायी सतृप्त तल भूमितल के ऊपर आ जाता है तो निस्यदन (seepage), दलदल, झीले और नदियों का आविर्भाव होता है। जब आन्तरायिक सतृप्त क्षेत्र अस्थायी रूप से धरातल पर पहुँचता है, तो बाढ़ और आन्तरायिक स्रोतों का उदय होता है। इसके विपरीत लम्बी शुष्क ऋतु के बाद जब जल-तल अपने साधारण तल से नीचा हो जाता है तो कुछ प्रदेशों में दलदल, स्रोत और नदियाँ सूख जाती हैं।

वातन क्षेत्र

(Zone of Aeration)

पृथ्वी के धरातल और भूमिगत जल-तल के मध्य पाये जाने वाले जल को अधिभूमि जल (Vadose water) कहते हैं। अधिभूमि जल के क्षेत्र में वायु मिली हुई रहती है, इसलिए इस क्षेत्र को वातन क्षेत्र (Zone of aeration) कहा जाता है। इस वातन क्षेत्र की मोटाई जल-तल की गहराई के साथ बदलती रहती है। पहाड़ी भागों में इसकी मोटाई अधिक और मैदानी भागों में कम होती है। कभी-कभी यह क्षेत्र धरातल से मिला होता है। इस वातन क्षेत्र को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है।

(क) भूमि जल क्षेत्र (Soil Water Zone), और

(ख) केशाकर्षण क्षेत्र (Capillary Fringe)।

भूमि जल क्षेत्र में पानी पौधों के उपयोग में आता है, परन्तु केशाकर्षण क्षेत्र में जल भूमि के अन्दर से बारीक नाली क्रिया द्वारा ऊपर आकर्षित किया जाता है। यह क्षेत्र ठीक जल-तल के ऊपर स्थित होता है। कहीं-कहीं यह क्षेत्र नहीं भी पाया जाता है। बालुका प्रस्तरों में साधारणतः ऐसी अवस्था देखी जाती है।

भूमिगत जल-तल की परिवर्तनशीलता—भूमिगत जल-तल स्थान व समय की परिस्थितियों के अनुसार भिन्न-भिन्न स्थानों पर भिन्न-भिन्न गहराई पर मिलता है। चट्टानों की सरन्ध्रता के आधार पर जल-तल कहीं धरातल से कम और कहीं अधिक गहराई पर पाया जाता है। किसी स्थान पर वर्षा की मात्रा पर भी इसकी गहराई निर्भर करती है। आर्द्र मैदानी भागों में जल-तल धरातल के निकट रहता है। परन्तु शुष्क मरुस्थलों तथा पर्वतीय क्षेत्रों में यह बहुत निचाई पर मिलता है। ऋतु परिवर्तन के साथ भी जल-तल ऊँचा-नीचा होता रहता है। ग्रीष्मऋतु में स्वाभाविकतया जल-तल नीचे चला जाता है और वर्षाऋतु में ऊपर उठ जाता है। वस्तुतः जल-तल में यह परिवर्तन आन्तरायिक सतृप्त क्षेत्र में ही होता है, इसलिए यह जल-तल अस्थायी होता है। किसी स्थान पर भूमि में एक निश्चित गहराई के बाद शुष्क ऋतु में भी जल-तल में कोई परिवर्तन नहीं होता। यह जल-तल की स्थायी सीमा होती है। इसकी गहराई कहीं पर भूमि से 10 फुट तो कहीं पर 100 फुट हो सकती है। शुष्क भागों में यह गहराई और भी अधिक हो सकती है। सामान्यतः जहाँ वर्षा कृषि-कार्य के लिए पर्याप्त होती है वहाँ इसकी गहराई 20-25 फुट तक पायी जाती है।

जिन प्रदेशों में भूमि की रचना में बड़ी विपरीतताएँ मिलनी हैं और चट्टानों की सरन्ध्रता में भी परिवर्तन पाया जाता है वहाँ विभिन्न जल-तल पाये जाते हैं। ऐसे क्षेत्रों में जहाँ पारगम्य और अपारगम्य शैले मिलती हैं वहाँ जो जल-तल होता है, वह स्थानीय जल-तल (local water table) कहलाता है। इसके विपरीत, जो जल-तल प्रदेश भर में फैला रहता है वह प्रादेशिक जल-तल (regional water table) कहलाता है। यह जल-तल स्थायी होता है।

भूमिगत जल की गति (Movement of Ground Water)—भूमिगत जल सदैव गतिशील रहता है। यह बात कुओं एवं खानों से प्रमाणित होती है। यदि कुओं और खानों से एक बार पानी तोड़ दिया जाय तो शीघ्र वे पुनः अपने पूर्व-स्तर तक जल से पूर्ण हो जायेंगे। इससे

स्पष्ट प्रतीत होता है कि उनमें जल कहीं से प्रवाहित होकर आता है। निरन्तर बहते रहने वाले सोते भी इस बात की पुष्टि करते हैं, क्योंकि भूमिगत जल में गति होने पर ही वे जल प्रदान कर सकते हैं। खदानों में जल के निःस्यदन (seepage) से भी यही निष्कर्ष निकलता है। अतः स्पष्ट है कि भूमिगत जल निरन्तर गतिमान रहता है।

भूमिगत जल में गति के अनेक कारण हैं किन्तु गुरुत्वाकर्षण (gravity) और आणविक आकर्षण (molecular attraction) ये दो ऐसी प्रमुख शक्तियाँ हैं जो कि भूमिगत जल को सदा गतिशील बनाये रखती हैं। इन शक्तियों के वशीभूत भूमिगत जल चट्टानों में उसी प्रकार प्रवाहित होता है जिस प्रकार कि शहरों में जल नलों में प्रवाहित होता है। भूमि के अन्दर जल की इस गति को निम्न प्रकार सरलता से समझा जा सकता है। मान लो एक समतल प्रदेश है जहाँ जल-तल हमेशा एक समान रहता है। यदि इस प्रदेश में कहीं भारी वर्षा हो जाय तो उस वर्षा वाले भाग की मिट्टी और चट्टानें जल से पूर्ण हो जायेंगी। फलस्वरूप वहाँ का जल-तल ऊँचा उठ जायगा। किन्तु यह अवस्था अस्थायी होती है। चूँकि जल तरल एवं गतिशील पदार्थ है अतः वह शीघ्र ही उस स्थान से चारों ओर उन स्थानों को बहने की चेष्टा करेगा जहाँ जल-तल अपेक्षाकृत नीचा है। इस प्रकार भूमिगत जल भी ठीक उसी प्रकार फैलने का प्रयत्न करता है जिस प्रकार वह भूमि के ऊपर करता है। भूमि के अन्दर चट्टान के प्रतिरोध के कारण उसकी गति बड़ी मन्द रहती है।

यदि किसी प्रदेश में वर्षा की मात्रा सर्वत्र एक समान होती है, किन्तु वहाँ का धरातल असमान है तो अन्य बातें समान होने पर, उच्च भागों में जल-तल ऊँचा और निम्न भागों में जल-तल कुछ नीचा रहेगा। जहाँ ऐसी अवस्था हो वहाँ यदि बाद में कोई वर्षा न हो तो जल-तल अन्त में एक समान हो जायगा। आर्द्र भागों में जल-तल प्रायः धरातल के निकट रहता है। अतः यह कहा जा सकता है कि वर्षा और भू-भागों की बनावट में असमानताओं के कारण ही भूमिगत जल उच्च स्थानों से निम्न स्थानों की ओर निरन्तर गतिशील रहता है।

यद्यपि भूमिगत जल की गति का सम्बन्ध गुरुत्वाकर्षण से है और इस कारण वह सदैव उच्च भागों से निम्न भागों की ओर गतिशील रहता है किन्तु कुछ परिस्थितियों में इसका विपरीत प्रवाह भी देखा जाता है। उदाहरणतः, यदि चट्टान की एक सरन्ध्र परत के मध्य से बहता हुआ जल दो ऐसी चट्टानों परतों के बीच में पड़ जाय जिनमें वह प्रवेश नहीं कर सकता तो अपारगम्य परत के बीच कोई संध या मार्ग मिलने पर जल ऊपर की ओर बह निकलेगा। यदि वहाँ जल-पूर्ति का स्रोत (source of supply) निर्गम बिन्दु की अपेक्षा बहुत ऊँचा है तो वहाँ बड़े प्रबल वेग से जल बाहर निकलेगा।

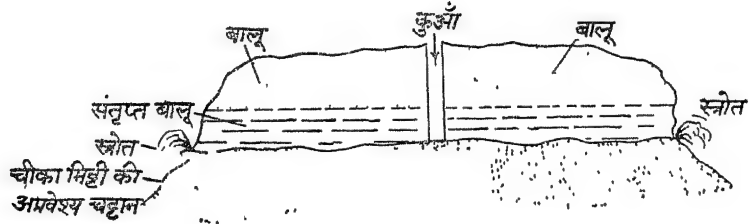
भूमिगत जल में गुरुत्वाकर्षण शक्ति के अतिरिक्त कुछ अन्य विधियों से भी गति उत्पन्न होती है। केशिका-क्रिया (capillary action) द्वारा भी जल ऊपर उठता है, किन्तु इस क्रिया से जल में बहुत ही मन्द गति उत्पन्न होती है। केशालता (capilarity) से उत्पन्न गति के अतिरिक्त भूमिगत जल का कुछ अश्व पेड़-पौधों की जड़ों द्वारा भी ग्रहण किया जाता है। इस प्रकार पेड़-पौधों की जड़ें भी जल की गति को बनाये रखने में योग देती हैं।

भूमिगत जल के संचलन की गति धरातल के सभी भागों में एक जैसी नहीं होती। इसके संचलन पर चट्टानों की रुध्रता और जल के दबाव का बड़ा प्रभाव पड़ता है इसलिए भिन्न-भिन्न भागों में इसकी गति में अन्तर मिलता है। संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी भाग में अधोभूमि जल के संचलन की गति का वैज्ञानिकों ने पता लगाया है। वहाँ सामान्य चट्टानों में 1 से लेकर 2.5 मी० तक जल का प्रवाह रहता है। अति सरन्ध्र चट्टानों में यह गति कभी-कभी 15 मी० प्रति-दिन तक आँकी गयी है। जब जल कहीं बहुत गहराई तक और चट्टानों के अत्यन्त सूक्ष्म छिद्रों में

प्रवेश कर जाता है तो उसकी प्रवाह गति एकदम मन्द होती है। कभी-कभी तो जल बहता हुआ सा प्रतीत ही नहीं होता। अधोभूमि जल का कुछ अंश उसकी गतिशीलता से कुओं और झरनों के द्वारा पुनः स्थल पर आ जाता है और कुछ प्रवाह के रूप में समुद्रों और झीलों तक पहुँच जाता है।

कुएँ (Wells)

भूमि में समाने वाला जल तब तक भूमिगत रहता है जब तक उसे भूमि में कोई सँध या दरार न मिल जाये। किन्तु भूमि में सँधे या दरारे हर स्थान पर नहीं पायी जाती। अतः लोगों को अपनी आवश्यकता के लिए भूमि में कुएँ खोदने पड़ते हैं। होम्स के अनुसार, “कुएँ ऐसे छिद्र-मात्र



चित्र 239—कुआँ

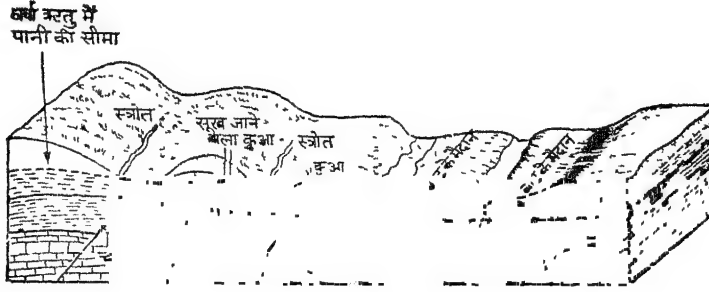
है जो कि भूमि के अन्दर उस गहराई तक खोदे जाते हैं जहाँ कि जल से परिपूर्ण सरन्ध्र चट्टानें मिलती हैं।¹ इस प्रकार कुओं का सम्बन्ध सदैव भूमिगत जल-तल से रहता है। अतः कहीं भी कुएँ खोदने में जल-तल की स्थिति ही मुख्य बात होती है। अधिकांश कुओं में यह जल-तल उसी प्रकार ऊँचा-नीचा होता रहता है जिस प्रकार सोते कभी तेजी से और कभी मन्द गति से बहते हैं या नितान्त ही सूख जाते हैं। कभी-कभी भूमि में समाने वाला जल कुछ ही गहराई पर अरन्ध्र चट्टान के आ जाने से वहीं ठहर जाता है। अतः ऐसे स्थान पर कुएँ खोदने पर कुछ ही गहराई पर जल प्राप्त होने लगेगा। किन्तु ऐसे कुएँ स्थायी नहीं होते, क्योंकि इनका सम्बन्ध भूमिगत जल-तल से नहीं होता। ये छिछले कुएँ (shallow wells) होते हैं जो केवल धरातलीय जल पर आश्रित रहते हैं। ऐसे कुएँ प्रायः शीघ्र ही सूख जाते हैं। इनका जल भी प्रायः दूषित हो जाता है क्योंकि इनके जल का कोई प्राकृतिक निस्यन्दन (natural filtration) नहीं होता। अतः एक अच्छे कुएँ के लिए यह आवश्यक है कि वह भूमि में जल-तल के निम्नतम बिन्दु से भी काफी गहराई तक खोदा जाये, जहाँ जल से भरी हुई चट्टानों द्वारा जल की शीघ्रता से बराबर पूर्ति होती रहती हो। ऐसे कुएँ न केवल स्थायी होते हैं अपितु मानव उपयोग की दृष्टि से भी विशेष हितकर होते हैं, क्योंकि ये धरातल सन्दूषणों (surface contamination) के खतरों से बाहर होते हैं। इस प्रकार कुएँ मानव द्वारा खोदे गये कृत्रिम जल-स्रोत हैं जिनसे नहाने, धोने, पीने आदि घरेलू उपयोग, कृषि की सिचाई और औद्योगिक कार्यों के लिए जल प्राप्त किया जाता है।

कुओं के सम्बन्ध में यह बात विशेष ध्यान देने योग्य है कि उनसे जल निकालने पर कुएँ के आसपास स्थायी रूप से जल-तल नीचा हो जाता है। इससे कुएँ के समीप निर्वातन शंकु (cone of exhaustion) बन जायेगा। किसी बड़े कुएँ के समीप ऐसे विशाल निर्वातन शंकु की रचना हो सकती है कि उससे आसपास के कम गहरे कुएँ क्रमशः सूख जायँ। ऐसा पूर्वी एन्जिलिया और

¹ “Wells are simply holes dug or bored or drilled into the ground to a depth at which water-bearing permeable formations or fissured rocks are encountered.”—Arthur Holms

वेल्ड में हुआ है। कुओ द्वारा जल निकालने के कारण पिछली एक शताब्दी में लन्दन बेसिन का जल तल 100 फुट से भी अधिक नीचा हो गया है।¹

ससार के कई शुष्क भागों में तो जीवन केवल गहरे कुओ द्वारा प्राप्त जल पर ही आश्रित है। उदाहरणतः, दक्षिणी अल्जीरिया में नग्न चूने के पत्थर के पठार पर—जो कि समुद्र-तल से

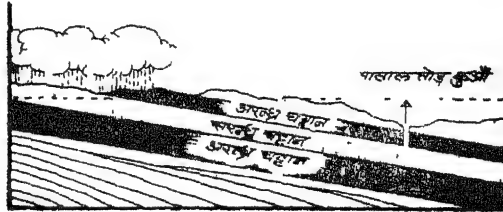
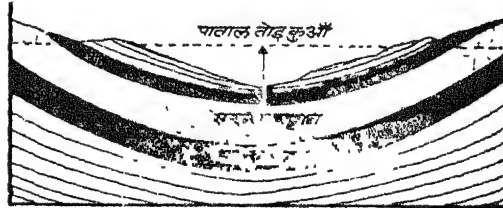


चित्र 240—कुएँ के जल का संग्रहालय से सम्बन्ध

2,000 फुट ऊँचा है—मेजाब (Mezab) नामक मरुस्थलों के इर्द-गिर्द शेबका (Shebka) लोग रहते हैं। यहाँ शुष्क घाटियों के सहारे ऐसे कुएँ खोदे जाते हैं जो कि जल-तल की गहराई तक होते हैं। इनकी गहराई लगभग 200 फुट रहती है। यहाँ अनुमानतः 3,300 कुएँ हैं जिनसे लोग बगीचों की सिंचाई के लिए निरन्तर फिरकी व रस्सी की सहायता से जल ऊँचा उठाते हैं।

उत्स्युत कूप या पाताल-तोड़ कुएँ (Artesian Well)

साधारणतः पाताल-तोड़ कुओं से अर्थ ऐसे कुओं से लिया जाता है, जिनकी गहराई बहुत अधिक होती है। किन्तु गहराई होने से ही कोई कुआँ उत्स्युत कूप नहीं कहा जा सकता। वस्तुतः उत्स्युत कूप एक विशिष्ट प्रकार के जल-स्त्रोत है जो प्रकृति द्वारा नहीं, अपितु मानव निर्मित होते हैं। ऐसे कूप विशेष धरातलीय संरचनाओं के क्षेत्रों में पाये जाते हैं। होम्स के अनुसार “उत्स्युत कूप से आशय ऐसे कुओं से है जिनमें गहराई पर प्राप्त जल पर्याप्त द्रव स्थैतिक तुलन-दाब (Hydraulic pressure) के कारण स्वतः भूमि के ऊपर आप्लावित (overflow) होता है।” ऐसे कुओं की रचना के लिए निम्न प्रकार की अवस्थाओं का पाया जाना आवश्यक है :



(1) जलभृत शैल (Aquifer) का झुके हुए अथवा विस्तृत अभिनति (syncline) रूप में पाया जाना और इसके ऊपर-नीचे दोनों ओर अरन्ध्र शैलों का होना।

(2) जलभृत (Aquifer) अर्थात् सरन्ध्र शैल के किनारे अन्तर्ग्रहित क्षेत्र (intake area) में

चित्र 241—पाताल-तोड़ कुओं

¹ F. J. Monkhouse . *Principles of Physical Geography*, p. 88

भूमि पर बाहर निकले हुए हो। ये किनारे भूमि पर खोदे गये कुएँ के मुँह से पर्याप्त ऊँचाई पर स्थित हो ताकि वे कुएँ के तल तक प्रचुर द्रव स्थैतिक दाब (Hydraulic head) उत्पन्न कर सकें।

(3) अन्तर्ग्रहित क्षेत्र में प्रचुर वर्षा का होना जिससे जल की पर्याप्त पूर्ति हो सके।

(4) सरन्ध्र शैल में संग्रहित जल के कुएँ के अतिरिक्त अन्य किसी भी प्रकार के निवास का प्रभाव।

उत्स्युत कूप के लिए आवश्यक उपरोक्त सभी अवस्थाएँ लन्दन बेसिन में बहुत ही स्पष्ट रूप से मिलती हैं। यहाँ जलभृत शैल (aquifer) के रूप में चाक शैल है, जिसके ऊपर बालू की परत बिछी है। कहीं-कहीं इसके नीचे भी बालू बिछी हुई मिलती है। इसके ऊपर अरन्ध्र शैल के रूप में लन्दन चीका और नीचे गाल्ट चीका पायी जाती है। चाक शैल उत्तर की ओर चिल्टर्न्स (Chilterns) के सहारे और दक्षिण में नार्थ डाउन्स (North Downs) के सहारे भूमि पर बाहर निकली हुई है। अतः इन स्थानों पर होने वाली वर्षा का जल इसमें संग्रहित होता रहता है। इस चाक शैल में संग्रहित जल लन्दन क्षेत्र में 600 से 700 फुट गहरे खोदे गये सैकड़ों कुओं द्वारा प्राप्त किया जाता है। लगभग एक शताब्दी पूर्व चाक शैल जल से सतृप्त (saturated) थी। जब ट्रेक्लगर स्कायर में सर्वप्रथम कुआँ खोदा गया तो कुएँ से पानी भूमि जल-तल से काफी ऊँचाई तक फव्वारे की भाँति फूट पड़ा। वर्तमान समय में यहाँ का जल-तल और द्रव स्थैतिक दाब उत्तरोत्तर गिरते जा रहे हैं, क्योंकि अपवाह क्षेत्र (catchment area) से प्राप्त जल से अधिक मात्रा में जल कुओं द्वारा निकल जाता है। अब यहाँ पानी नलों द्वारा ही ऊपर उठाया जा सकता है।

संसार में उत्स्युत बेसिन (artesian basin) का सबसे बड़ा क्षेत्र आस्ट्रेलिया में पाया जाता है। यहाँ क्वीन्सलैण्ड, न्यूसाउथवेल्स और दक्षिणी आस्ट्रेलिया राज्यों के लगभग 6,00,000 वर्ग मील क्षेत्र में इसका विस्तार है। इस बेसिन का अपवाह क्षेत्र पूर्वी उच्च प्रदेश (Eastern Highlands) में है जहाँ कोमल जुरैसिक बालुका प्रस्तर धरातल पर निकला हुआ है। उत्स्युत कुओं के अभाव में यह समस्त क्षेत्र एक उजाड़ खण्ड होता है। यहाँ लगभग 9,000 कुएँ हैं जिनमें से कुछ कुएँ 5,000 से 6,000 फुट तक गहरे हैं। दुर्भाग्यवश यहाँ का कुछ जल आंशिक रूप में खारा है, अतः यह जल भेड़ पालन के लिए ही उपयोग में आता है। आस्ट्रेलिया के सामने सबसे बड़ा भय यही लगा रहता है कि कहीं इन कुओं का जल समाप्त न हो जाये। क्योंकि कुछ विद्वानों की यह मान्यता है कि प्रतिवर्ष इस क्षेत्र में वर्षा द्वारा प्राप्त होने वाले जल की अपेक्षा कुओं से निकाले जाने वाले जल की मात्रा कहीं अधिक है। कुओं को प्राप्त जल का कुछ भाग यहाँ पूर्व संग्रहित जल-भण्डार से मिल रहा है किन्तु अब भण्डार भी पूर्ति नहीं हो रही है। इस क्षेत्र में जो जल पाया जाता है वह केवल अवपृष्ठ जल (meteoric water) ही है। कुछ कुओं में अत्यधिक दाब, प्रचुर गैसों और जल में घुले हुए पदार्थों से यह भी प्रतीत होता है कि गहराई में तरुण जल (juvenile water) के साधनों से भी इसकी पूर्ति होती है।

संसार में कई भागों में उत्स्युत कूपों का बहुत बड़ा महत्त्व है। सहारा एवं अन्य मरुस्थलों में पाये जाने वाले अनेक मरुद्यान धरातल पर स्थानीय रूप से उत्स्युत जल के निकलने के कारण ही पाये जाते हैं। इन मरुद्यानों में भूमिगत जल के धरातल पर निकल पड़ने से ही यहाँ आश्चर्य-जनक रूप से वनस्पति प्रस्फुटित होती है। फलस्वरूप ये क्षेत्र होम्स के शब्दों में, 'a paradise in a setting of blazing sand and glaring rocks' सिद्ध होते हैं। चाडबेसिन और सहारा के मध्य इर्डी (Erdi) व इनीडी (Ennedi) की उच्च भूमि महत्वपूर्ण अपवाह क्षेत्र का कार्य करती हैं। यहाँ यदाकदा होने वाली वर्षा नग्न बालुका प्रस्तर—जो भूमि के नीचे लीबिया और मिस्र के पार तक चले गये हैं—द्वारा शीघ्र ही अन्तर्ग्रहित कर ली जाती है। जहाँ कहीं यह भूमिगत जल दरारों, उत्स्युत कूपों, अभिनतियों अथवा बालू के अपवाहन आदि कारणों से भूमि पर लाया जाता

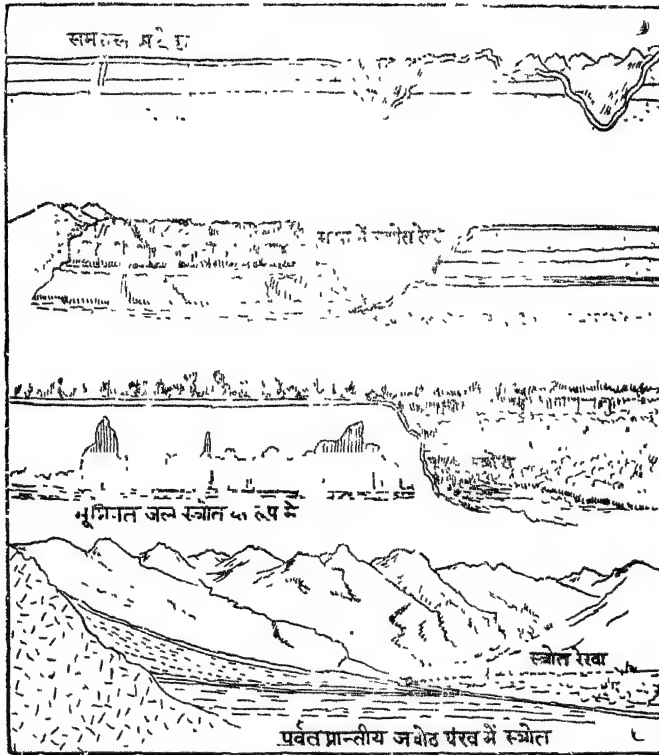
है, वही मरुद्यान की उत्पत्ति हो जाती है। उदाहरणतः, अल्जीरिया और ट्यूनिश की सीमा पर रेब्स की खाड़ी के पश्चिम में कई मरुद्यान आ गये हैं जहाँ सोआफास (Soafas) लोग रहते हैं। यहाँ वादरिग गर्त (depression) में नयी दलदली नमकीन झीलें हैं। जैसे शॉट मेलरिग (Shatt Melri) व शॉट एल जरिद (Shatt el Jerid) आदि। इन झीलों के दक्षिण में भूमि शुष्क है किन्तु जल-तल अधिक नीचा नहीं है। अतः यहाँ लोग उत्सृजित जल प्राप्त करने हेतु बालू में कीप-नुमा गड्ढे खोदने और बनाये रखने में लगे रहते हैं। इसी उत्सृजित जल के कारण यहाँ गड्ढों में बड़ी प्रचुर मात्रा में खजूर के पेड़ लगते हैं, जिनके 'पैर' सदैव जल में और सिर धूप में रहता है।

स्रोत (Springs)

भूमिगत जल अनेक स्थानों पर अवसर पाकर भूमि पर प्रकट होता है। इस प्रकार प्राकृतिक रूप में भूमिगत जल के स्वतः धरातल पर निकलने को स्रोत कहते हैं।

मोन्कहाउस के अनुसार "A spring can be defined as a natural flow of water out from the surface of the ground, it may flow strongly and even gush out with considerable force or it may just ooze or seep out."

किसी भी स्थान पर इन स्रोतों की रचना वहाँ के धरातली रूप और शैलों की प्रकृति पर निर्भर करती है। साधारणतः ये उस बिन्दु पर या उसके नीचे जहाँ जल-तल धरातल को काटता



चित्र 242—स्रोत की रचना के लिए सहायक अवस्थाएँ

है, उत्पन्न होते हैं। जहाँ कहीं पारगम्य शैल परत अपारगम्य शैल परत के ऊपर स्थित होती है तो प्रायः पहाड़ी के ढलान अथवा नदी की घाटी के किनारे सन्धि-स्थल पर स्रोत बन जाता है। सामान्यतः ये स्रोत दो प्रकार के होते हैं—स्थायी एवं अस्थायी। जहाँ भूमि के अन्दर कठोर चट्टानों

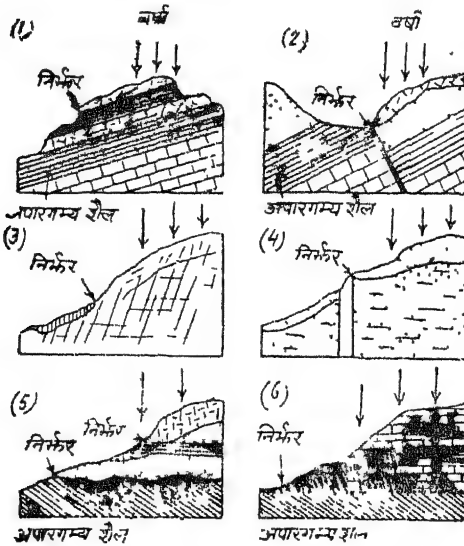
की परत अभिनत रूप में झुकी रहती है और जल-तल रेखा पहाड़ी के शिखर के नीचे काफी ऊँचाई पर स्थित होती है तो अपारगम्य शैल एवं जल-तल के सन्धि स्थल पर स्रोत का उद्गम हो जाता है। ऐसी अवस्था में स्रोत के बहते रहने से जल-तल नीचा हो जाता है किन्तु जल-दाब की प्रवणता (gradient) बने रहने से स्रोत कभी सूखता नहीं है, अतः ऐसे स्रोत स्थायी स्रोत होते हैं।

जिन स्रोतों में कुछ समय तो जल बहता है किन्तु शेष समय शुष्क रहते हैं तो वे अस्थायी स्रोत कहलाते हैं। ऐसे स्रोतों से जल-प्रवाह और जल-शुष्कता का समय नियमित होता है। किसी स्थान पर जब तक संतृप्त-तल ऊँचा रहता है, जल-प्रवाह होता रहता है किन्तु ज्योंही संतृप्त-तल नीचा हो जाता है तो जल-प्रवाह बन्द हो जाता है। ऐसे स्रोतों को **संतृप्त-तल स्रोत** (saturated level springs) कहा जाता है, कभी-कभी भूमि के अन्दर कठोर एवं कोमल चट्टानों के बीच बनी हुई चट्टानी नाली से जल प्रवाहित होता है। चूँकि चट्टानों के बीच यह प्राकृतिक गड्ढा मुड़ा हुआ होता है, अतः इसमें से जल-प्रवाह उस समय तक नहीं होता जब तक कि यह एक निश्चित तल तक जलपूर्ण नहीं हो जाता। जैसे ही नाली उस बिन्दु तक भर जाती है स्रोत से जल बहने लगता है। किन्तु ज्योंही स्रोत के उद्गम के आन्तरिक सिरे से जल-तल नीचा हो जाता है, जल-प्रवाह बन्द हो जाता है। ऐसे जल स्रोतों को **साइफन स्रोत** (Siphon spring) कहते हैं।

स्रोतों के प्रकार

चट्टानों की प्रकृति और भू-गर्भित रचना के अनुसार स्रोतों के निम्न भेद किये जा सकते हैं :

(1) **भ्रंश स्रोत** (Fault spring)—भ्रंश के कारण जब कुछ चट्टानें नीचे धँस जाती हैं



तो कभी-कभी अपारगम्य शैल (बालुका प्रस्तर) अपारगम्य शैलों (शैल) के सामने आ जाती हैं। ऐसी अवस्था में भ्रंश रेखा के सहारे स्रोतों का जन्म हो जाता है।

(2) **दरारी व सन्धि स्रोत** (Fissure and joint spring)—सामान्यतः ग्रेनाइट जैसी कठोर आग्नेय चट्टानों में सन्धियाँ अथवा दरारे पायी जाती हैं। इन दरारों व सन्धियों के द्वारा वर्षा का जल भूमि में चला जाता है। जब ये दरारे अथवा सन्धियाँ झुकी हुई चट्टानों के साथ धरातल के ऊपर खुलती हैं तो इनसे जल बाहर निकलने लगता है और वहाँ स्रोत की उत्पत्ति हो जाती है। स्काई द्वीप के ब्लैक क्यूइल्लिन्स (Black Cuillins) पहाड़ों में ऐसे अनेक स्रोत मिलते हैं। यहाँ ग्रेनो शैलों की सन्धियों में जल प्रवेश करता

चित्र 243—विभिन्न प्रकार के स्रोत

है और बेसाल्ट डोलोराइट सिल के सहारे पुनः बाहर निकलता है। यहाँ के कुछ स्रोत 2,500 फुट तक ऊँचे हैं।

(3) **डाइक स्रोत** (Dyke Spring)—जहाँ कहीं अपारगम्य शैलों के मध्य अपारगम्य शैलों के डाइक धरातल के ऊपर बाहर निकल आते हैं तो उनके सन्धि स्थल पर स्रोत बन जाता है। ऐसे स्रोत डाइक स्रोत कहलाते हैं।

(4) **कगारपाद और नतिपाद स्रोत** (Scarp Foot and Dip' Slope Spring)—संसार में अधिकांश पाये जाने वाले स्रोत चाक या चूने के प्रदेशों के कगारों से सम्बन्धित होते हैं।

उदाहरणतः, कोट्सवाल्ड में पश्चिमी किनारे के साथ कगारपाद स्रोत और पूर्वी नमन ढाल (dip slope) के सहारे नतिपाद स्रोत पाये जाते हैं। कगारी ढाल की ओर जहाँ अपारगम्य चीका के ऊपर चूने का पत्थर या बालुका प्रस्तर मिलते हैं वहाँ स्रोत फूट पड़ते हैं। अतः इस क्षेत्र में स्रोत रेखा के सहारे अनेक गाँव बसे हुए हैं। पूर्व में नमन ढाल की ओर ऊलाइट चट्टानों बहुत मन्द रूप से झुकी हुई हैं। इसलिए नमन ढाल की ओर यत्र-तत्र नतिपाद स्रोत पाये जाते हैं।

(5) कार्स्ट प्रदेशीय स्रोत (Karst Region Spring)—कार्स्ट प्रदेश में वर्षा का जल चूने की चट्टानों को घुलाकर उनमें बड़े-बड़े गर्त बना देता है। इन गर्तों से पानी भूमि के अन्दर पहुँच कर वहाँ कन्दराएँ या धाराएँ बना देता है। जब धरातल के किसी झुके हुए भाग में ये कन्दराएँ या धाराएँ निकल आती हैं तो वहाँ स्रोत बन जाता है। रोम की घाटी में ऐसे कई स्रोत मिलते हैं। फोण्टेन डी वेयूक्ल्यूसी (Fontaine de Vaucluse) यहाँ का एक प्रसिद्ध स्रोत है। इसी के नाम पर ऐसे स्रोतों को वेयूक्ल्यूसियन स्रोत (Vauclusian spring) भी कहा जाता है।

स्रोतों से निकलने वाले जल के आधार पर उनके निम्न भेद किये जा सकते हैं :

(1) ठण्डे जल के स्रोत (Cold Water Springs)—ऐसे स्रोत जिनमें सदैव शीतल जल का प्रभाव होता है, ठण्डे जल के स्रोत होते हैं। इन स्रोतों पर वर्षा के जल का अत्यधिक प्रभाव रहता है। साधारणतः इनमें जल बहुत अधिक गहराई से नहीं आता जिससे वह ठण्डा रहता है। धरातल पर अधिकांशतः ठण्डे जल के स्रोत ही पाये जाते हैं।

(2) उष्ण जल स्रोत (Hot Water Springs)—उष्ण जल के स्रोत ससार में कहीं-कहीं पर मिलते हैं। सामान्यतः ये ज्वालामुखी क्षेत्रों में मिलते हैं। कभी-कभी ये ऐसे स्थानों पर भी पाये जाते हैं जहाँ ज्वालामुखी क्रिया के कोई चिह्न नहीं पाये जाते। वस्तुतः इन स्रोतों में बहुत गहराई से जल प्राप्त होता है। अतः भूगर्भिक ताप से इनका जल गरम हो जाता है। कई बार इनका जल भू-गर्भ में रासायनिक परिवर्तन एवं तेजोदगरण-क्रिया के द्वारा भी गरम हो जाता है। इनमें जल बहुत गहराई से प्राप्त होता है और भ्रष्ट चट्टानों से बाहर निकलता है। इनके जल पर वर्षा का कोई प्रभाव नहीं होता, अतः इनके जल का तापमान सदैव एक जैसा रहता है। इस प्रकार के स्रोत भारत में कश्मीर, उत्तर प्रदेश, सिक्किम, पंजाब एवं बिहार में पाये जाते हैं।

(3) खनिज स्रोत (Mineral Springs)—जिन स्रोतों के जल में खनिज तत्त्व घुले हुए पाये जाते हैं उन्हें खनिज स्रोत कहा जाता है। इन स्रोतों से लवण एवं खनिज बाहर निकलते हैं। कुछ स्रोतों का जल अम्लीय अथवा क्षारीय होता है। जिन स्रोतों के जल में गन्धक की मात्रा अधिक होती है उन्हें गन्धक स्रोत (Sulphur spring) एवं जिनमें लवण की मात्रा अधिक होती है, उन्हें लवण स्रोत (Salt spring) कहते हैं। अधिकांश खनिज स्रोतों में औषधि के गुण पाये जाते हैं। फलस्वरूप इनमें स्नान करने से अनेक चर्म रोगों का नाश हो जाता है। ऐसे स्रोतों में संयुक्त राज्य अमरीका के साराटोगा तथा कार्ल्सबाद के स्रोत विशेष उल्लेखनीय हैं। हमारे यहाँ भी अतारी (उड़ीसा), सहस्रधरा (उत्तर-प्रदेश), छिन्दवाड़ा (मध्य प्रदेश) एवं तिलस्मा (राजस्थान) के स्रोत महत्वपूर्ण हैं।

भूमिगत जल के कार्य

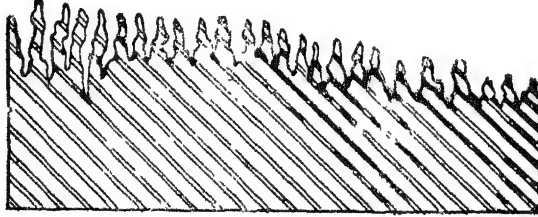
भू-पृष्ठ पर बहते हुए जल की भाँति भूमिगत जल भी धरातल पर विशाल परिवर्तन करने में सफल होता है। किन्तु बहते हुए जल के विपरीत इसकी क्रिया बहुत मन्द और भिन्न होती है। इसका कार्य भौतिक अपरदन के स्थान पर रासायनिक अधिक होता है। अतः भूमिगत जल का भू-आकारों पर जो प्रभाव होता है वह मुख्यतः विलयन और निक्षेपण के कारण ही होता है। फिर भी इसके द्वारा अपरदन, परिवहन और निक्षेपण तीनों कार्य किये जाते हैं।

अपरदन कार्य

अनाच्छादन के अन्य साधनों (नदी, हिमनदी व पवन आदि) की तुलना में भूमिगत जल

का कार्य अधिक महत्वपूर्ण नहीं होता, क्योंकि भूमिगत जल शैल रन्ध्रों द्वारा भूमि के अन्दर प्रवेश करता है, अतः इसको प्रवाह की स्वतन्त्रता नहीं मिलती। इस कारण भूमिगत जल की गति बहुत ही मन्द होती है। मन्द गति होने से भूमिगत जल द्वारा भौतिक अपरदन बहुत ही कम होता है। वर्षाकाल में भूमिगत जल के स्नेहक (lubricating) प्रभाव से पहाड़ी ढालों पर भू-स्खलन (landslide) और भू-सर्पण (solifluction) के द्वारा परोक्ष रूप में कुछ अपरदन कार्य अवश्य होता है। भू-स्खलन एवं भू-सर्पण के कारण पर्वतीय पदों पर भग्नाश्म राशि का निक्षेपण होता है जिसे गैल-मलवा (talus) कहते हैं। पर्वतीय भागों में यदाकदा होते रहने वाले भू-स्खलन से प्रायः बहुत अधिक हानि होती है। यद्यपि भूमिगत जल का प्रत्यक्ष रूप से भौतिक अपरदन का विशेष महत्व नहीं है, किन्तु रासायनिक अपरदन (chemical erosion) के रूप में इसका कार्य अद्वितीय है। रासायनिक अपरदन मुख्यतः घोल के रूप में होता है। कार्बनयुक्त वर्षा का जल जब चूने की शैलों पर गिरता है तो वह उन्हें शीघ्रता से घुला देता है। इस घुलाव-क्रिया से ही भूमिगत जल चूने एवं खड़िया प्रदेशों में विशेष स्थलाकृति को जन्म देता है। भूमिगत जल के अपरदन के द्वारा बने प्रमुख रूप निम्न हैं

लैपीज (Lapies)—जब चूने की चट्टानों पर कार्बन मिश्रित वर्षा का जल बहता है तो वह उसके कुछ अंश को घुला देता है। चट्टानों के सन्धि स्थलों पर इसका अधिक प्रभाव पड़ता



है। इन सँघों एवं दरारों से पानी भीतर प्रवेश कर जाता है और चट्टानों की सँघों को अधिक चौड़ा कर देता है। दूहवत चूना-पत्थर में यह क्रिया भली प्रकार सम्पन्न होती है। कभी-कभी इन सन्धियों के बीच के भाग भी टूट जाते हैं।

चित्र 244—लैपीज

इस प्रकार समस्त धरातल कटा-

फटा दिखाई पड़ने लगता है। चूना-पत्थर में ये कटाव कहीं गोलाकार और कहीं तीक्ष्ण धारयुक्त होते हैं जिन स्थानों पर कटाव धारयुक्त होता है वहाँ छोटी-छोटी शिखरिकाओं (ridges and pinacles) का निर्माण हो जाता है। इन शिखरिकाओं की दीवारें खड़ी होती हैं। ये एक प्रकार से तले तथा नुकीले कटकों की भाँति स्तम्भ के रूप में एक-दूसरे के समान्तर खड़े होते हैं। एक-दूसरे से ये कटक सकीर्ण विदर (cliff) द्वारा अलग होते हैं। प्रायः अधिक वर्षा वाले भागों में ही ऐसे कटावयुक्त धरातल का विकास होता है। चूने के प्रदेशों में ऐसे कटे-फटे धरातल को लैपीज कहा जाता है। लैपीज के कारण धरातल इतना असमान हो जाता है कि उसे नगे पाँव पार करना कठिन हो जाता है। ऐसे कटावदार भू-रूप को फ्रांसीसी भाषा में लैपीज (Lapies), जर्मन भाषा में कारेन (Karren), अंग्रेजी भाषा में क्लीन्ट (Clint) एवं ग्राइक (Glyke) और सर्बिया भाषा में बोगाज (Bogaz) कहते हैं।

लैपीज के निर्माण के सम्बन्ध में कई मत हैं। स्विजिक के अनुसार लैपीज की रचना ऐसे चूना क्षेत्रों में होती है जहाँ चट्टानें क्षैतिज रूप में समतल बिछी हुई नहीं होती। इनके निर्माण के लिए चट्टानों का झुके हुए रूप में स्थित होना तथा सतह का ढालयुक्त होना आवश्यक है। इनकी रचना मुख्यतः नग्न चट्टानों की ऊपरी सतह पर चट्टानों की संरचना, उनके सगठन, कणों की बनावट, सतह के ढाल तथा सतह पर वनस्पति के आवरण की मात्रा के अनुसार होती है। कई विद्वानों ने लैपीज का विस्तृत अर्थ लिया है। उदाहरणतः, पामर ने हवाई द्वीप में बेसाल्ट

चट्टानों में घुलाव द्वारा बनी छोटी-बड़ी नालियों को भी लैपीज की संज्ञा दी है। इसी प्रकार स्मिथ तथा अलब्रिटिन ने संयुक्त राज्य अमरीका के टेक्सास प्रान्त में सियरा ब्लैका क्षेत्र में विकसित अनेक प्रकार के गर्तों, फलको (facets) एवं गहरी तथा विस्तृत नालियों को लैपीज कहा है। कई विद्वानों ने तो नदियों द्वारा लैपीज के निर्माण होने की बात कही है। किन्तु लैपीज मुख्यतः चूने की चट्टानों वाले प्रदेशों का ही भू-रूप है।

घोल रन्ध्र (Sink holes)—चूने की चट्टानों वाले प्रदेशों में जब वर्षा का जल सतह पर पहुँचता है तो उसके साथ कार्बन डाइऑक्साइड गैस मिल जाती है। कार्बनयुक्त जल सक्रिय घोलक हो जाता है। फलस्वरूप जब जल चट्टानों की सन्धियों में पहुँचता है तो वह घुलनशील तत्त्वों को घुलाकर चट्टानों से अलग कर देता है। इस घुलन क्रिया के कारण कालान्तर में सन्धियों का विस्तार हो जाता है जिससे धरातल पर छोटे-छोटे असह्य छिद्रों का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार चूने की चट्टानों के ऊपरी सतह पर बने गड्ढों को ही घोल रन्ध्र कहा जाता है।

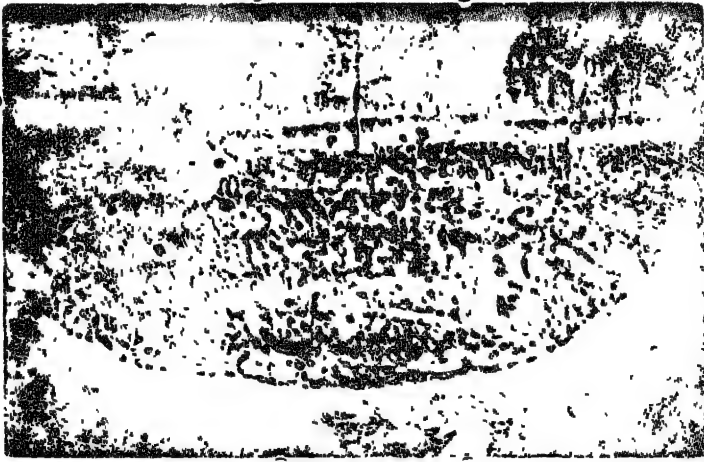
सामान्यतः घोल रन्ध्र कुछ मीटर से लेकर कुछ हेक्टेयर तक चौड़े तथा 3 मीटर से लेकर 30 मीटर तक गहरे होते हैं। इनमें कुछ रन्ध्र कीपाकार (Funnel shaped) और कुछ बेलनाकार (Cylindrical) होते हैं। मैलट ने बताया है कि इण्डियाना प्रान्त के कास्ट क्षेत्र में लगभग तीन लाख घोल रन्ध्र होंगे।

विलय रन्ध्र (Swallow Holes)—घोल रन्ध्र धीरे-धीरे घोल क्रिया द्वारा चौड़े होते जाते हैं। कालान्तर में ये इतने बड़े हो जाते हैं कि धरातल पर बहने वाली नदियाँ इनमें प्रविष्ट होकर विलीन हो जाती हैं। ऐसे रन्ध्रों को ही विलय रन्ध्र कहा जाता है।

डोलाइन (Doline)—ये विलय रन्ध्र के विशिष्ट रूप हैं। इनकी आकृति बेलनाकार अथवा कीप के समान (Funnel shaped) होती है। सामान्यतः ये 30



चित्र 245—विलय रन्ध्र



चित्र 246—डोलाइन

से 40 फुट चौड़े और 6 से 75 फुट गहरे होते हैं। जिन भागों में पेड़-पौधों का अभाव होता है

वहाँ इनके किनारे खड़े और गहरे होते हैं। किन्तु जहाँ वनस्पति की प्रचुरता होती है वहाँ इनकी बेसिन छिछली, चौड़ी और गोलाकार होती है। फ्रांस में इनका अच्छा विकास देखा जाता है। यहाँ प्यूट्स बर्जर (Puits Berger) नामक डोलाइन 2954 फुट गहरा है। कभी-कभी डोलाइन 'कूपक' के समान होते हैं जिन्हें जाम्स (Jamas) कहते हैं। पीरेनीज क्षेत्र में गोफरे डी पिरेरे से सेण्ट मार्टिन नामक कूपक 1135 फुट गहरा है। फ्रांस के विभिन्न भागों में इन्हें साच्स (Sotchs) तथा क्रीक्स (Cieux) तथा यूगोस्लाविया के कार्स्ट क्षेत्र में डोलाइन (Doline) और सर्बिया में डोलिनास (Dolians) कहा जाता है।

ध्वस्त रन्ध्र (Collapse Sinks)—जब ऊपरी सतह के नीचे घुलाव की क्रिया से रिक्त स्थान बन जाता है और किसी कारणवश सतह का कुछ ऊपरी भाग नीचे बैठ जाता है तो उससे बनने वाले रन्ध्र को ध्वस्त रन्ध्र कहा जाता है। ऐसे ध्वस्त रन्ध्रों के किनारे प्रायः खड़े होते हैं।

घोल पटल (Solution Pan)—घोल पटल वस्तुतः डोलाइन का ही एक रूप है। डोलाइन की अपेक्षा ये अधिक विस्तृत किन्तु उथले होते हैं।

विलयन अवतलन (Solution)—चूने की चट्टानों वाले प्रदेशों में सतही जल चट्टानों की संघों में से होकर नीचे पहुँचता रहता है। ऊपरी सतह के नीचे यह भूमिगत जल कई घोल रन्ध्रों की रचना कर देता है। जब इन घोल रन्ध्रों के ऊपर सतह की चट्टानें घुलकर पतली हो जाती हैं और नीचे से सहारा नहीं मिलता तो नीचे धँसक जाती हैं। इस प्रकार ऊपरी धरातल ऊबड़-खाबड़ तथा असमान हो जाता है। घुलन क्रिया द्वारा इस तरह ऊपरी तल के नीचे धँस जाने की क्रिया को विलयन अवतलन कहा जाता है।

पोनोर (Ponor)—'पोनोर' सर्बियन भाषा का शब्द है, जिसका अर्थ लम्बी सुरंग से है। वह सुरंग जो विलयन रन्ध्र को भूमिगत कन्दरा से मिलाती है, उसे पोनोर कहते हैं। ये प्रायः लम्बवत और कुछ झुकी हुई होती हैं। फ्रांस में इन्हें अवेन्स (Avens) कहा जाता है।

यूवालाज (Uvalas)—पार्श्विक अपरदन के फलस्वरूप कई बार अनेक डोलाइन आपस में मिल जाते हैं जिससे विस्तृत गड्ढे बन जाते हैं। कभी-कभी कन्दराओं की छत के गिरने से भी ऐसे विशाल गर्त बन जाते हैं। कई बार असंख्य घोल रन्ध्र विस्तार में बढ़ते-बढ़ते परस्पर मिल जाते हैं और उससे यूवाला का निर्माण हो जाता है। इन विस्तृत गड्ढों को यूवालाज या सकुण्ड कहते हैं। ये एक मील से भी अधिक चौड़े होते हैं। प्रायः इनमें नदियाँ लुप्त हो जाती हैं जिससे धरातल की घाटियाँ सूख जाती हैं जो शुष्क घाटियाँ (Dry Valleys) कहलाती हैं। यूवाला की दीवारें प्रायः खड़ी हो जाती हैं।

पोल्जी (Polje)—जब कई यूवाला मिल जाते हैं तो अत्यन्त विस्तृत खाइयाँ बन जाती हैं। इन विस्तृत खाइयों को ही पोल्जी (Polje) कहते हैं। पोल्जी तथा यूवाला देखने में एक जैसे होते हैं किन्तु उत्पत्ति और आकार में वे भिन्न होते हैं। कुछ विद्वानों के अनुसार इनकी रचना घुलाव क्रिया द्वारा होती है। किन्तु कुछ विद्वान उन्हे प्राचीन भ्रंश घाटियों का रूप मानते हैं। ऐसी घाटियों में चूना पत्थर के ऊपर बालुका प्रस्तर की परत देखी जाती है। इनकी दीवारें खड़ी और बेसिन घिरी हुई होती हैं। इनका विस्तार 100 वर्गमील तक पाया जाता है। बाल्कन प्रदेश में लिवनो पोल्जी करीब 40 मील लम्बा और 7 मील चौड़ा है। इनके तल पर कहीं-कहीं नदियाँ बहती हैं। नदियों के कारण इनकी सतह पर नदी-जनित मिट्टी का हल्का निक्षेपण मिलता है। जहाँ कहीं बालू अधिक एकत्र हो जाती है। वहाँ नदियाँ भूमि में अदृश्य हो जाती हैं। पोल्जी के मध्यवर्ती भाग में बहुधा एक झील होती है। जब कभी इस झील में बाढ़ आ जाती है तो पार्श्ववर्ती समतल भूमि जल से आप्लावित हो जाती है। बाढ़ के कारण पंक निक्षेपण होता है जिससे समतल भूमि

मे वृद्धि होती है। मध्य प्रदेश मे पंचमढ़ी के निकट वाटर्समेट नामक स्थान पर पोल्जी भू-आकार पाया जाता है।

धँसती निवेशिका (Sinking Creek)—कार्स्ट प्रदेशों मे जल की घोल क्रिया से इतने अधिक घोल रन्ध्र बन जाते है कि समस्त धरातल एक छलनी की भाँति दृष्टिगोचर होता है। इन प्रदेशों में ये घोल रन्ध्र कोप (Funnel) का कार्य करते है। कार्स्ट प्रदेश की ऊपरी सतह का जल छोटी-छोटी नदियों के रूप मे बहकर इन घोल रन्ध्रों के द्वारा ही भूमि के अन्दर प्रवेश कर भूमिगत जल का रूप लेता है। जिस छिद्र से सतह के ऊपर का जल भूमि के अन्दर प्रविष्ट होता है उसे अंग्रेजी मे **सिंक (Sink)** कहते है। अतः जब ऐसे ही छिद्रो से होकर नदी का जल नीचे चला जाता है तो उसे **धँसती निवेशिका** कहा जाता है। प्रायः छोटी नदियों का जल एक ही विलय छिद्र द्वारा नीचे चला जाता है। किन्तु बड़ी नदियों का जल कई विलय छिद्रो से होकर नीचे प्रविष्ट होता है। इन धँसती निवेशिकाओं के द्वारा सतही जल भूमि के नीचे पहुँचकर कन्दराओं आदि के रूप मे विभिन्न प्रकार के स्थल रूपों को जन्म देता है। इसीलिए इनका बड़ा महत्त्व है।

कार्स्ट झीले (Karst Lakes)—वर्षा के दिनों मे कई बार मिट्टी के जमने से डोलाइन का निचला छिद्र बन्द हो जाता है। फलस्वरूप पानी रिसकर नीचे नहीं जा पाता और वह डोलाइन में एकत्रित हो जाता है। इससे छोटी-छोटी झीलो की रचना हो जाती है। ऐसी झीलो को **कार्स्ट झीले** कहा जाता है। ये झीले बहुत ही अल्पकालिक होती है। जब कभी डोलाइन के छिद्र से मिट्टी हट जाती है तो पानी नीचे रिस जाता है और झील पुनः लुप्त हो जाती है। संयुक्त राज्य अमरीका के फ्लोरिडा प्रान्त की अलाशुआ झील कार्स्ट झील का सुन्दर उदाहरण है। सन् 1871 मे एक डोलाइन के बन्द हो जाने से लगभग 12 किलोमीटर लम्बी तथा 6 किलोमीटर चौड़ी झील का निर्माण हो गया, किन्तु 20 वर्षों के बाद डोलाइन के छिद्र से मलवे के हट जाने से झील पुनः लुप्त हो गयी।

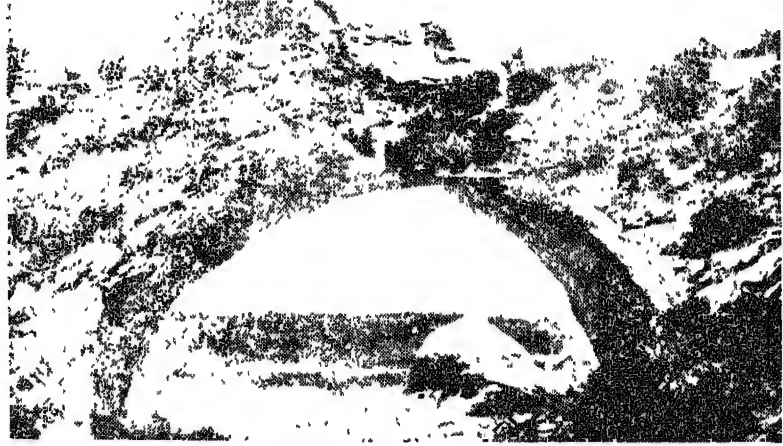
कार्स्ट खिड़की (Karst Window)—जब किसी विलय रन्ध्र या डोलाइन का ऊपरी भाग नीचे बैठ जाता है तो उससे एक वृहद छिद्र का निर्माण हो जाता है। ऐसे छिद्र का जब ऊपरी भाग खुला होता है तो उसके द्वारा भूमि के अन्दर प्रवाहित होने वाली धाराओं तथा अन्य भू-रूपों को देखा जा सकता है। इसीलिए इन छिद्रों को **कार्स्ट खिड़की** कहते हैं।

कार्स्ट घाटी (Karst Valley)—कार्स्ट प्रदेशों में वर्षा के दिनों मे धरातल पर बहने वाली छोटी-छोटी पृष्ठीय नदियों (Surface Streams) का विकास हो जाता है। ये नदियाँ थोड़ी दूरी तक ही बहने वाली होती हैं। इन नदियों की घाटियाँ यू-आकार जैसी चौड़ी घाटियाँ होती है। इन घाटियों को ही **कार्स्ट घाटी** या **घोल घाटी (Solution Valley)** कहा जाता है।

हम्स (Hums)—यूवाला एवं पोल्जी की सतह पर यत्र-तत्र कठोर चूना पत्थर के अवशिष्ट टीले खड़े हुए पाये जाते हैं। ये टीले एकान्त पहाड़ी की भाँति प्रतीत होते है। इनके शिखर शंकु की भाँति होते हैं। कुछ विद्वान उवाला के विध्वंस को ही इनकी रचना का कारण बताते है। यूगोस्लाविया के कार्स्ट प्रदेश मे इन टीलों को **हम्स (Hums)** कहा जाता है। पश्चिमी द्वीपसमूह में इन्हें **हेस्टैक (Haystack)** तथा **पेपिन हिल्स (Pepin Hills)** कहते है।

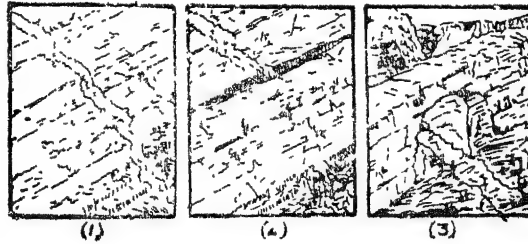
प्राकृतिक पुल (Natural Bridge)—चूने के प्रदेशों मे प्राकृतिक पुल की रचना जल के अपरदन और घुलाव क्रिया का फल है। ये प्रायः सन्धि स्थल (Joint plane) एवं झुकाव (bending) तल पर विलयन द्वारा निर्मित हो जाते हैं। संसार प्रसिद्ध वर्जीनिया का पुल जल के साव (seepage) द्वारा ही निर्मित हुआ है। यह प्राकृतिक पुल (Natural Bridge) का सर्वोत्तम उदाहरण है। जब कभी भूमिगत कन्दराओं की छत कहीं-कहीं पर नीचे धँस जाती है तो बीच का शेष भाग प्राकृतिक पुल का रूप ले लेता है। संयुक्त राज्य अमरीका के यूटाह राज्य का पुल इसका

अच्छा उदाहरण है। यह पुल 83 मीटर चौड़ा है। प्राकृतिक पुलों की ऊँचाई नदी के लम्बवत अपरदन और अपक्षय के ऊपर निर्भर करती है। जैसे वर्जीनिया का पुल घाटी के तल से 93 मी० ऊँचा है। नीचे दिये गये चित्र में प्राकृतिक पुल के विकास की अवस्थाएँ दिखाई गयी हैं। जब



चित्र 247—प्राकृतिक पुल

किसी नदी का मार्ग भूमिगत हो जाता है तो उससे प्राकृतिक सुरंगों का निर्माण होता है। ऐसी सुरंगों का उपयोग भूमिगत रेलों के लिए किया जाता है। जब यह सुरंग इतनी छोटी होती है



चित्र 248—प्राकृतिक पुल के निर्माण की अवस्थाएँ

कि वह केवल कन्दरा के दोनों पार्श्वों को जोड़ती है तो उसे प्राकृतिक पुल कहा जाता है। ऐसे पुल सड़कों के लिए उपयोगी होते हैं।

अन्धी घाटी (Blind Valley)—चूने अथवा खड़िया प्रदेश में कहीं-कहीं अन्धी घाटियाँ दृष्टिगोचर होती हैं। जब धरातल पर बहने वाली नदी यकायक किसी विलयन छिद्र द्वारा भूमि में प्रवेश कर जाती है तो उसकी घाटी भी अचानक बन्द हो जाती है या उसका वहीं अन्त हो जाता है। इस प्रकार की घाटी को अन्धी घाटी (Blind Valley) कहते हैं। यह घाटी कुछ दूरी तक तो व्यवस्थित बनी रहती है किन्तु इसकी धारा के यकायक लुप्त हो जाने से इसका विस्तार रुक जाता है। वर्षा के समय जब जल की पूर्ति बढ़ जाती है तो विलयन छिद्र समस्त जल को समाविष्ट नहीं कर पाते जिससे अन्धी घाटी में थोड़े समय के लिए जल भर जाने से झील का निर्माण हो जाता है। ऐसी झील अल्पकालिक होती हैं।

कन्दराएँ (Caves)—कन्दराएँ भूमिगत जल के अपरदन द्वारा निर्मित सबसे महत्वपूर्ण भू-आकार हैं। इनकी रचना चूने अथवा खाड़ियों की चट्टानों वाले प्रदेशों में ही होती है। ऐसे

प्रदेशों में भूमिगत जल अपनी घुलन क्रिया तथा संस्त्रिघर्षण (solution and corrasion) के द्वारा धीरे-धीरे चट्टानों को घुलाकर भूमि को नीचे से एकदम खोखली कर देता है। इन खोखले स्थानों की ऊपरी छत यदि कठोर और मोटी होती है तो भूमि नीचे को नहीं धँसती वरन् उसका खोखलापन अन्दर ही अन्दर बढ़ता रहता है। भूमि के नीचे इन खोखले स्थानों को ही कन्दरा कहा जाता है। ऐसी कन्दराएँ कार्स्ट प्रदेशों के अतिरिक्त अन्य स्थानों पर भी पायी जाती हैं। उदाहरणतः, बालुका पत्थर के क्षेत्रों में अपक्षय द्वारा चट्टानों की दरारों का विस्तार हो जाने से कन्दराओं की रचना हो जाती है। इसी प्रकार समुद्र तटों के समीप समुद्री लहरों के प्रभाव से निर्मित समुद्री कन्दराएँ (sea caves) तथा लावा के क्षेत्रों में लावा-निर्मित कन्दराएँ (lava caves) पायी जाती हैं। किन्तु कन्दरा से तात्पर्य यहाँ केवल कार्स्ट प्रदेशों में भूमिगत जल द्वारा निर्मित कन्दरा से ही है। कार्स्ट प्रदेशों में ये कन्दराएँ विभिन्न आकार-प्रकार की होती हैं। कुछ कन्दराएँ छोटी और कुछ कई किलोमीटर लम्बी होती हैं। कुछ कन्दराएँ समाकार बरामदों जैसी और कुछ लम्बाकार नाली जैसी होती हैं। कभी-कभी धरातल के नीचे बहने वाली जलधाराएँ इतनी विशाल और चौड़ी होती हैं कि उससे कन्दराओं की एक शृंखला-सी बन जाती है। इन कन्दराओं में बहने वाली नदियाँ चट्टानों की निरन्तर उसी प्रकार काट-छाँट किया करती हैं जिस प्रकार स्थल की नदियाँ करती हैं। प्रायः सभी कन्दराओं में जल-प्रवाह नहीं होता। अनेक कन्दराएँ बिल्कुल शुष्क भी होती हैं। इन कन्दराओं का उपयोग हिसक जीव ही अधिक करते हैं। आदिकाल में मनुष्य भी अपने निवास के लिए इनका उपयोग करता था। आजकल कई स्थानों पर ऐसी कन्दराएँ पर्यटकों के आकर्षण स्थल बन गये हैं।

चूना अथवा खड़िया की चट्टानों का भू-पटल पर बहुत ही विस्तृत फैलाव है। अतः ससार में कन्दराओं का वितरण भी बड़ा विस्तृत है। किन्तु विश्व के कुछ क्षेत्रों में इनकी असाधारण रचना हुई है जिसका उल्लेख करना यहाँ समीचीन होगा।

(1) **यूगोस्लाविया**—यहाँ का कार्स्ट प्रदेश चूने की चट्टानों का विश्व-विख्यात क्षेत्र है। यहाँ ट्रिस्टी से माण्टेनेग्रो तक कोई 480 किलोमीटर लम्बे तथा 80 किलोमीटर चौड़े क्षेत्र में चूने की चट्टानें बिछी हुई हैं जिसमें असंख्य कन्दराएँ पायी जाती हैं।

(2) **फ्रांस**—यहाँ दक्षिणी फ्रांस का कासेस क्षेत्र कन्दराओं की रचना के लिए विशेष प्रसिद्ध है।

(3) **संयुक्त राज्य अमरीका**—यहाँ न्यू मेक्सिको, केण्टुकी, फ्लोरिडा, यूकाटन, वर्जीनिया तथा दक्षिणी इण्डियाना प्रान्त में चूने की चट्टानों के महत्त्वपूर्ण क्षेत्र हैं। अतः यहाँ के कुछ क्षेत्रों में कन्दराओं का बहुत ही अच्छा विकास देखा जाता है। यहाँ की कन्दराओं में न्यू मेक्सिको की कार्ल्सबाद तथा केण्टुकी प्रान्त की मैमथ कन्दराएँ अपनी विशालता और विचित्रता के लिए विश्व-विख्यात हैं। न्यू मेक्सिको की कार्ल्सबाद कन्दरा का निर्माण 300 मीटर मोटी परत वाले चूने की चट्टानों में हुआ है। यह भूमि की ऊपरी सतह के नीचे 300 मीटर की गहराई तक फैली हुई है। यह कन्दरा लगभग 1,220 मीटर लम्बी तथा 190 मीटर चौड़ी है। इस कन्दरा में अनेक पथ (galleries) तथा कक्ष (chambers) हैं। यहाँ के अनेक कक्ष लगभग 80-85 मीटर ऊँचे हैं। यहाँ के कक्षों में सबसे बड़ा कक्ष बिग रूम (Big Room) के नाम से प्रसिद्ध है। यह कक्ष करीब ३ किलोमीटर लम्बा एवं 65 मीटर चौड़ा है। केण्टुकी प्रान्त की मैमथ कन्दरा भी करीब 48 किलोमीटर लम्बी है। वर्जीनिया की ल्यूर (Lurey) तथा न्यूयार्क की होवे (Howe) यहाँ की अन्य प्रसिद्ध कन्दराएँ हैं। क्यूबा व स्विट्जरलैण्ड आदि देशों में भी कन्दराएँ पायी जाती हैं।

कन्दराओं की उत्पत्ति (Formation of Caves)—भूमिगत जल द्वारा निर्मित स्थल-रूपों की कन्दराएँ सबसे महत्त्वपूर्ण हैं। किन्तु इसके निर्माण के सम्बन्ध में कई मत हैं। यहाँ कुछ प्रमुख मतों का उल्लेख किया जा रहा है।

कन्दरा-निर्माण के मतों में अपघर्षण का मत ही अधिक महत्वपूर्ण है। इस मत के अनुसार कन्दराओं का निर्माण भूमिगत जल की अपघर्षण क्रिया के द्वारा भौम जल-स्तर (water table) के ऊपर होता है। भू-पटल पर बहने वाला जल चट्टानों की सन्धियों में घुसकर उन्हें अपघर्षण द्वारा विस्तृत करता रहता है। इससे शनैः-शनैः कन्दरा का निर्माण हो जाता है। कन्दरा का विस्तार और आकार चट्टानों की सन्धियों द्वारा निर्धारित होता है। डा० मार्तनी, बेलर तथा मैलाट आदि विद्वान अपघर्षण मत के प्रमुख समर्थक हैं। इनके अनुसार भू-पटल पर बहने वाली नदियाँ जब किसी विलयन छिद्र से भूमि के अन्दर प्रविष्ट होती हैं तो अपने साथ कंकड़-पत्थर, बालू तथा मृत्तिका आदि भी ले जाती हैं। ये पदार्थ जल के साथ बहते हुए अपघर्षण द्वारा न केवल विलयन छिद्र को ही चौड़ा करते हैं वरन् भूमि के नीचे कन्दराओं को भी चौड़ा करते चलते हैं। कन्दराओं के अन्दर अनेक स्थानों पर इन पदार्थों का निक्षेप तथा इनके अपघर्षण के प्रभाव से निर्मित जल-गर्तिकाएँ कई छोटे-बड़े छिद्र और खरोचे स्पष्ट ही घर्षण को प्रमाणित करते हैं। किन्तु कई विद्वानों ने इस मत को अवास्तविक बताया है।

डेविस महोदय की मान्यता है कि कन्दराओं का निर्माण मुख्यतः घुलन क्रिया (solution) द्वारा होता है। डेविस ने कन्दरा के निर्माण में घुलन-क्रिया के साथ-साथ अपघर्षण के योग को भी स्वीकार किया है, किन्तु वे अपघर्षण को अधिक महत्व नहीं देते। डेविस के मतानुसार कन्दरा का निर्माण दो चरणों (stages) में होता है। प्रथम चरण में भौम जल-स्तर के नीचे चूने की चट्टानों में घुलन-क्रिया द्वारा कन्दरा का निर्माण प्रारम्भ होता है। दूसरे चरण में भौम जल-स्तर नीचा हो जाता है। इससे कन्दरा का भौम जल बह जाता है और कन्दरा में अधिभौम जल (vadose water) तथा वायु का प्रवेश हो जाता है तथा वहाँ अनेक निक्षेपित भू-आकारों का विकास हो जाता है। कुछ विद्वानों ने बताया है कि यद्यपि कन्दरा का निर्माण भौम जल-स्तर के नीचे ही प्रारम्भ होता है किन्तु उसका अधिकांश विकास भौम जल-स्तर के ऊपर ही होता है। स्विनर्टन महोदय ने भी माना है कि कन्दराओं का निर्माण यद्यपि घुलन-क्रिया के द्वारा ही होता है परन्तु उनकी रचना भौम जल-स्तर के ऊपर ही होती है।

कन्दराओं के निर्माण के सम्बन्ध में उपरोक्त सिद्धान्तों के विवेचन से स्पष्ट है कि कन्दराओं की रचना न तो केवल अपघर्षण के द्वारा ही होती है और न केवल घुलन-क्रिया के द्वारा ही। वस्तुतः कन्दराओं की रचना घुलन-क्रिया से प्रारम्भ होती है किन्तु उनका विस्तार भूमिगत जल के अपघर्षण द्वारा ही होता है। इसलिए कन्दराओं की रचना में अपघर्षण और घुलन-क्रिया दोनों का महत्व है।

परिवहन कार्य

यद्यपि बहते हुए जल की भाँति भूमिगत जल का परिवहन कार्य इतना महत्वपूर्ण नहीं है, फिर भी यह घोल के रूप में पदार्थों को बड़ी मात्रा में परिवहित करता है। जब तक घुलित पदार्थों का निक्षेपण नहीं हो जाता, भूमिगत जल उन्हें बहा ले जाता है। भूमिगत जल अपने घुलित पदार्थों को कभी-कभी समुद्र या झील में छोड़ देते हैं जिससे उसकी लवणता बढ़ जाती है। कभी-कभी ये अवसाद रूप में परतदार शैलों में निक्षेपित हो जाते हैं।

सामान्यतः नदियों के जल में घोल रूप में मिले हुए खनिज पदार्थों का अधिकतर भाग उस भूमिगत जल से प्राप्त होता है जो नदियों में पहुँचता है। प्रतिवर्ष नदियाँ समुद्र में घोल रूप में पाँच अरब टन खनिज पदार्थ ले जाती हैं किन्तु खनिज पदार्थों की यह विशाल मात्रा भूमिगत जल की समस्त विलयन क्रिया को प्रकट नहीं करती, क्योंकि जल के द्वारा खनिज पदार्थों का जो विलयन होता है उसका अधिकांश भाग भूमि के नीचे ही निक्षेपित हो जाता है।

(2) **सीमेण्टीकरण (Cementation)**—कभी-कभी शैल-कणों के बीच निक्षेपण के कारण सरन्ध्र अवसादों का सीमेण्टीकरण हो जाता है जिससे सम्पूर्ण शैल अधिक दृढ़ हो जाती है। इस प्रकार असंगठित बालू-कण उनके मध्य भरी गयी सीमेण्ट की प्रकृति के अनुसार चूनेदार, सिलिकामय और लोहमय बालूकाश्म बन जाते हैं। इसी तरह बजरी सीमेण्टीकरण के द्वारा सम्पीडाश्म (conglomerate) में परिणत हो जाती है।

(3) **प्रतिस्थापन (Replacement)**—भूमिगत जल कभी-कभी विलयन और निक्षेपण का कार्य एक साथ और एक ही जगह करता है। इस क्रिया से एक शैल के खनिजों के घुलने पर वहाँ दूसरे खनिज पदार्थों का प्रतिस्थापन हो जाता है। इस विधि से एक प्रकार की शैल दूसरे प्रकार की शैल में परिवर्तित हो जाती है। उदाहरणतः, कुछ चूना-पत्थरों में केलसाइट के स्थान पर डोलोमाइट या सिलिका की प्रतिस्थापना हो जाती है। किन्तु प्रतिस्थापन की यह क्रिया बहुत ही मन्द गति से और अणु प्रति अणु में होती है। फलस्वरूप शैल की मूल संरचना में कोई परिवर्तन नहीं आता। जैविक पदार्थों की भी इस भाँति प्रतिस्थापना हो सकती है। इसका बहुत अच्छा उदाहरण काष्ठाश्म या पाषाण वृक्ष (petrified tree or wood) है। इसमें काष्ठ का द्रव खनिज पदार्थ द्वारा प्रतिस्थापन होता है जिससे पेड़ों के तने शैलों में बदल जाते हैं। इस प्रकार के काष्ठाश्म ब्रह्मा, क्वीन्सलैण्ड और यलोस्टोन पार्क में अधिकता से मिलते हैं। इसी भाँति एक दबी हुई शुक्ति (shell) अथवा मृगा का द्रव (substance) भी परिवर्तित हो सकता है जबकि उसका आकार (form) सुरक्षित रहता है।

(4) **ग्रन्थिका (Nodules)**—कभी-कभी चट्टानों के बीच खोखली जगहों पर खनिज घोल का निक्षेपण हो जाता है जिससे खाली स्थान पूर्ण रूप से अथवा आंशिक रूप से भर जाते हैं। ऐसे निक्षेपण को ग्रन्थिका (Nodules) कहते हैं। इस प्रकार के निक्षेपण में जब सैकता (silica) का निक्षेप होता है तो उसके कण कंधी के दाँतों की भाँति प्रतीत होते हैं। निक्षेपण के इस रूप को **रन्ध्र ग्रन्थिका (Geode)** कहते हैं।

(5) **ज्यूडीज एवं वग्स (Geodes and Vugs)**—कई चट्टानों के छोटे-छोटे खोखले भागों पर भूमिगत जल घुले हुए खनिजों के रवे जमा कर देता है। ये गोल अथवा अण्डाकार होते हैं। चट्टानों पर जमे हुए इन खनिज रवों में कई महत्त्वपूर्ण खनिजों के नमूने मिलते हैं। ऐसे छोटे रवों के निक्षेपों को **ज्यूडीज** और बड़े रवों के निक्षेपों को **वग्स** कहा जाता है।

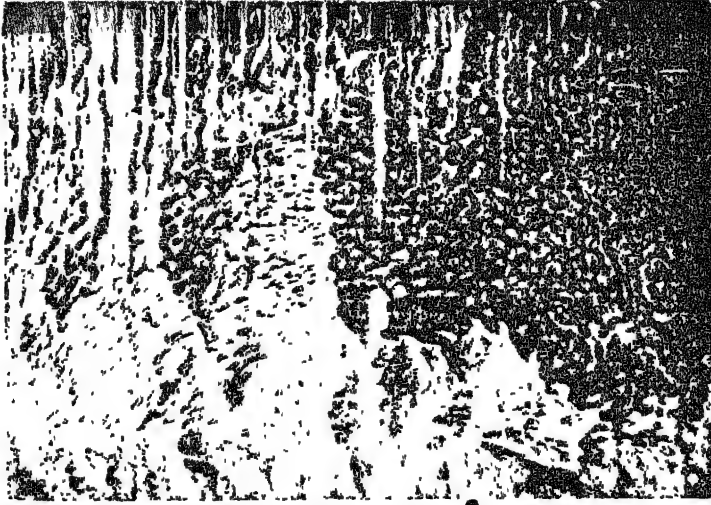
(6) **कैलिश (Caliche)**—भूमिगत जल अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में छोटे-छोटे रुन्ध्रों द्वारा धीरे-धीरे धरातल के ऊपर आता रहता है। इस जल में कई खनिज घुले हुए रहते हैं। अतः वाष्पीकरण के द्वारा जब जल वाष्प बनकर उड़ जाता है तो ठोस खनिज पदार्थ वही भूमि के ऊपर छूट जाते हैं। भूमि के ऊपर मलवे के साथ जमा हुए खनिज पदार्थ मलवे को भी कठोर बना देते हैं। इसी जमे हुए पदार्थ को चिली और पेरू में **कैलिश** कहा जाता है।

(7) **समानुस्तरण (Concretions)**—जब किसी विशिष्ट खनिज कण या जीवाश्म को केन्द्र मानकर निक्षेपण का स्थानीयकरण होता है तो उससे **समानुस्तरण (Concretions)** की रचना होती है। इनकी आकृति पिण्डवत् होती है। इनका निक्षेपण अवसादी शैलों की तह पर होता है। जैसे चूने के प्रदेश में जमे हुए सिलिका के पदार्थों को **चर्ट (Chert)** कहते हैं। खडिया प्रदेश में सिलिका के ये पिण्ड **फ्लिण्ट (Flint)** कहलाते हैं। भारतीय ककड़ भी इस प्रकार के निक्षेप के अच्छे उदाहरण हैं।

(8) **खनिज शिराएँ (Mineral Veins)**—भूमिगत जल के घोल से निक्षेपित खनिज पदार्थों के द्वारा चट्टानों की सँधे एवं दरारे भर जाती है जिससे चट्टानों में **खनिज शिराएँ (Mineral Veins)** बन जाती हैं। जैसे चट्टानों में सामान्यतः केलसाइट और क्वार्ट्ज की शिराएँ मिलती हैं।

प्रादेशिक कायान्तरण के क्षेत्र में ठोस वलित चट्टानों में स्थानीय रूप से बड़ी प्रचुर मात्रा में क्वार्ट्ज की अनियमित शिराएँ पायी जाती हैं। कई खनिज शिराओं में बहुमूल्य व्यापारिक धातुएँ मिलती हैं। अधिकांश सोना, चाँदी, सीसा, जस्ता, टिन व ताँबा आदि धातुएँ ऐसी ही शिराओं में मिलती हैं।¹

(9) स्टैलेक्टाइट और स्टैलेग्माइट (Stalactite and Stalagmite)—चूने के प्रदेशों में धीरे-धीरे रिसता हुआ जल जब भूमि में पहुँचता है तो उसमें बड़ी मात्रा में चूना आदि खनिज घुल जाते हैं। यही खनिजयुक्त जल कन्दराओं की छत से टपकता है। जितने समय जल की बूँद छत से चिपकी हुई रहती है उतने समय में बूँद का कुछ जल-अंश वाष्प बनकर उड़ जाता है और कुछ कार्बन गैस भी उससे अलग हो जाती है। फलस्वरूप जल में घुला हुआ चूने का कुछ अंश छत पर ही चिपका रह जाता है। प्रत्येक बूँद के टपकने के साथ यही बात होती है। अतः इस क्रिया से कालान्तर में छत के आधार पर नीचे लटकते हुए चूना-स्तम्भ बन जाते हैं। ये स्तम्भ छत की ओर मोटे एवं कन्दरा के नीचे की ओर पतले होते हैं। ये स्तम्भ अश्चुताश्म या स्टैलेक्टाइट (Stalactite) कहलाते हैं। कन्दरा की छत से टपककर कन्दरा-तल पर गिरने वाली जल की बूँदों से भी इसी प्रकार के ऊपर उठते हुए स्तम्भों की रचना हो जाती है। कन्दरा-तल से ऊपर उठे हुए इन स्तम्भों को निश्चुताश्म या स्टैलेग्माइट (Stalagmite) कहते हैं। ये स्तम्भ कन्दरा की छत से लटकने वाले स्तम्भों की अपेक्षाकृत छोटे और कुछ मोटाई लिये हुए होते हैं। साधारणतः ये स्तम्भ सिलिका



चित्र 249—न्यू मेक्सिको की प्रसिद्ध कार्ल्सबाद कन्दरा में स्टैलेक्टाइट और स्टैलेग्माइट

और चूने से बने होते हैं, जो क्रमशः ओनिक्स (Onix) तथा ट्रेवेण्टाइन कहलाते हैं। ट्रेवेण्टाइन आयरन ऑक्साइड का भी बना हो सकता है। चूने के प्रदेशों में कई कन्दराओं में निक्षेपण के ऐसे विचित्र दृश्य पाये जाते हैं। विचित्र आकार-प्रकार के कारण ही इन निक्षेपों को बाजे का पाइप (organ pipe), लटकते हुए पर्दे (hanging curtains), पाषाण जंगल (petrified forest) व

¹ "Valuable ores have been deposited from hydrothermal solutions of juvenile origin, generally in association with the expiring igneous activity of the period concerned."—A. Holms

धारीदार चिक (fluted screens) आदि मनोहारी नाम दिये गये हैं। क्लेफ़ेम (Clapham) के समीप इंग्लीब्रो कन्दरा (Ingleborough cave) में एक बार निश्चुताश्म के विकास की गति 0.2946 इंच प्रति वर्ष अर्थात् 100 वर्षों में 30 इंच नापी गयी थी।¹ विगत काल में जब जल-तल ऊँचा था, इनके विकास की गति सम्भवतः बहुत अधिक थी।

कन्दराओं में निक्षेपण के उपरोक्त दो रूपों के अतिरिक्त हेलिक्टाइट (Helictites) भी पाये जाते हैं। ये बनावट में स्फाटीय होते हैं और आकृति में अनेक प्रकार के होते हैं। ये धागे के मानिन्द पतले और सर्पिल रूप में व्यवस्थित अथवा झालदार सस्पर्शकों के रूप में पाये जाते हैं। कभी-कभी कन्दरा की छत से पुनः जुड़े हुए होते हैं। जहाँ कहीं कन्दरा की छत से लटकते हुए और कन्दरा-तल से ऊपर उठे हुए स्तम्भ मिल जाते हैं तो वहाँ तल से छत तक एक पूर्ण स्तम्भ बन जाता है। ऐसे स्तम्भ कन्दरा स्तम्भ कहलाते हैं। कोई-कोई कन्दरा-स्तम्भ काफी विशाल होते हैं। फ्रांस के सेण्ट्रल मैसिक में लोजरी (Lozere) कक्ष में ऐसे स्तम्भ 75 से 80 फुट ऊँचे हैं। इनको यहाँ अछूता जंगल (The Virgin Forest) कहा जाता है।

कार्स्ट स्थलाकृति (Karst Topography)

‘कार्स्ट’ शब्द यूगोस्लाविया के ‘क्रास’ (Kras) शब्द से निकला है। क्रास का अर्थ चट्टान से है। आस्ट्रिया के कार्स्ट जिले में सर्वत्र चूने का पत्थर बिछा हुआ पाया जाता है। इस पत्थर की अपनी कुछ विशेषताएँ होती हैं। अतः इसमें विशेष भू-आकार विकसित हो जाता है। कार्स्ट जिले के चूने के प्रदेश में विकसित भू-दृश्य को कार्स्ट स्थलाकृति कहा जाता है। अतः यही शब्द अब ससार के अन्य चूने के प्रदेशों में विकसित स्थलाकृति के लिए भी प्रयुक्त होता है।

चूने का पत्थर एक घुलनशील चट्टान है जो कार्बनयुक्त जल में बहुत शीघ्र घुल जाती है। इसी श्रेणी में लवण शैल, खड़िया, सेलखडी और डोलोमाइट आदि चट्टानें भी शामिल हैं। एक ही श्रेणी में होते हुए भी प्रत्येक चट्टान की अपनी निजी विशेषताएँ हैं। अतः प्रत्येक में कुछ भिन्न प्रकार के भू-आकार विकसित होते हैं। जैसे खड़िया (chalk) एक मुलायम और सरन्ध्र चूने का पत्थर है। इसमें विकसित भू-आकार को ‘खड़िया भू-दृश्य’ (Chalk Landscape) कहा जाता है। ऐसे भू-आकार का सबसे अच्छा विकास दक्षिणी-पूर्वी इंग्लैण्ड और उत्तरी-पूर्वी फ्रांस में अधिक हुआ है। खड़िया में अच्छे जोड़ नहीं होते, परन्तु उसमें अनेक दरारें होती हैं। इस विशेषता के कारण धरातल पर बहते हुए जल का यहाँ अभाव पाया जाता है। ऊँचे भाग एकदम शुष्क होते हैं। इस प्रकार के भू-दृश्य में प्रायः गोल पहाड़ियाँ, चपटे सिरो वाली कगारे तथा खड़े किनारों व गोल पेंदे वाली घाटियाँ देखी जाती हैं। चूने की चट्टानों में डोलोमाइट सबसे कम घुलनशील चट्टान है। अतः इन चट्टानों में भारी पहाड़ियों, नुकीली चोटियों—स्तम्भों, गुफाओं और मेहराबों की रचना होती है। इसके विपरीत चूने का पत्थर (lime stone) कठोर, निविड़ और स्फाटीय होता है। इसमें भली प्रकार से विकसित सन्धियाँ (joints) मिलती हैं। फलस्वरूप इसमें भी खड़िया की भाँति सतह के जल (surface water) का अभाव रहता है। चूने के पत्थर की इन्हीं विशेषताओं से विकसित भू-आकार को ‘कार्स्ट’ कहा जाता है जिसका विशद रूप से विवेचन नीचे दिया जा रहा है।

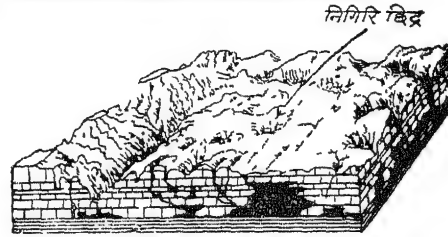
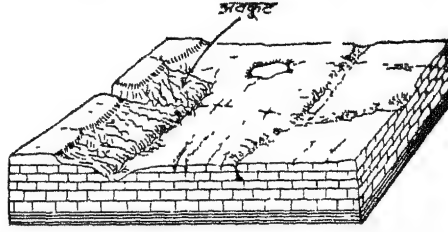
घुलनशील प्रकृति और लम्बवत सन्धियों (vertical joints) की व्यवस्था के कारण चूने की चट्टानों में भूमिगत जल का कार्य बहुत ही महत्वपूर्ण होता है। यहाँ होने वाली समस्त क्षय-क्रिया धरातल के नीचे भूमिगत जल द्वारा ही होती है। अतः चूने की चट्टानों वाले प्रदेशों की सरचना और वहाँ के जल-विज्ञान (Hydrology) में घनिष्ठ सम्बन्ध होता है।

¹ F. J. Monkhouse ; *Principles of Physical Geography*, p. 96

कास्ट प्रदेशों में वर्षा-जल शैल-सन्धियों एवं दरारों द्वारा भूमि में प्रवेश करता है। चट्टानों में जल के प्रवेश से उनकी सन्धियाँ चौड़ी होती जाती हैं और घुलाव-क्रिया से धरातल पर क्रमशः घोल रन्ध्र, विलय रन्ध्र, लैपीज, डोलाइन, युवाला, पोल्जे, शुष्क घाटियाँ व प्राकृतिक पुलों की रचना होती है। इसके निक्षेपण में भूमिगत कन्दराओं में अश्चुताश्म और निश्चुताश्म बन जाते हैं। इस प्रकार भूमिगत जल के कार्य से समस्त प्रदेश एक विशिष्ट आकार ग्रहण कर लेता है।

संक्षेप में पूर्ण-विकसित कास्ट भू-आकार वनस्पतिहीन और पथरीले रेगिस्तान की तरह दिखाई पड़ता है। इसमें जगह-जगह टीले व गड्ढे विद्यमान होते हैं। सम्पूर्ण प्रदेश में धरातली अपवाह (surface drainage) का अभाव रहता है। यहाँ केवल भूमिगत प्रवाह ही दिखाई पड़ता है। यहाँ धरातल के नीचे बहने वाली नदियाँ पूर्ण रूप से विकसित होती हैं। धरातल के नीचे इनका प्रवाह ठीक उसी प्रकार होता है जिस प्रकार कि धरातल के ऊपर होता है।

धरातल पर चूने की चट्टानें लगभग सभी भागों में पायी जाती हैं। अतः कास्ट दृश्य ससार के अनेक भागों में देखने को मिलते हैं। किन्तु इसका सबसे अधिक विकास यूगोस्लाविया में डिनारिक आल्प्स के क्षेत्र में ही पाया जाता है। यहाँ एड्रियाटिक सागर के सहारे 300 मील लम्बी व 50 मील चौड़ी पट्टी में चूने के पत्थर फैले हुए हैं। इसके अतिरिक्त संयुक्त राज्य अमरीका में कैण्टकी, वर्जीनिया, मध्य टैनेसी और फ्लोरिडा; यूरोप में आल्प्स, जूरा, ऐपेनाइन्स, मध्य फ्रांस के शेरा भाग; मेक्सिको में यूकाटन; एशिया में उत्तरी मलाया और भारत में किरथर श्रेणी, कश्मीर में मध्य हिमालय, काँगड़ा की घाटी, रोहतास का पठार, भेड़ाघाट और मद्रास के कार्नेल जिले में भी ऐसे भू-आकार देखे जाते हैं।



चित्र 250—कास्ट स्थलाकृति का निर्माण

यूगोस्लाविया में डिनारिक आल्प्स के क्षेत्र में ही पाया जाता है। यहाँ एड्रियाटिक सागर के सहारे 300 मील लम्बी व 50 मील चौड़ी पट्टी में चूने के पत्थर फैले हुए हैं। इसके अतिरिक्त संयुक्त राज्य अमरीका में कैण्टकी, वर्जीनिया, मध्य टैनेसी और फ्लोरिडा; यूरोप में आल्प्स, जूरा, ऐपेनाइन्स, मध्य फ्रांस के शेरा भाग; मेक्सिको में यूकाटन; एशिया में उत्तरी मलाया और भारत में किरथर श्रेणी, कश्मीर में मध्य हिमालय, काँगड़ा की घाटी, रोहतास का पठार, भेड़ाघाट और मद्रास के कार्नेल जिले में भी ऐसे भू-आकार देखे जाते हैं।

कास्ट प्रदेश में अपरदन चक्र

(Cycle of Erosion in Karst Topography)

साधारणतः कास्ट प्रदेश में जल-प्रवाह भू-पटल के नीचे ही हुआ करता है। भूमिगत जल के प्रवाह द्वारा ही वस्तुतः कास्ट भू-दृश्य का विकास होता है। किन्तु भूमिगत जल के चरित्र और उसकी कार्यविधि का समुचित ज्ञान न होने से यह विषय थोड़ा गूढ़ है। भूमिगत जल का परिसंचरण गुह्यवाकर्षण द्वारा होता है अथवा जल-तल एवं निस्स्यंदन द्वारा होता है, यह अभी भी विवादास्पद है। कुछ भू-गर्भ विशारदों का विचार है कि भूमिगत जल और भूमि की सतह के जल के परिसंचरण में कोई अन्तर नहीं है। कुछ विद्वानों का यह मत है कि भू-पटल पर गिरने वाला

वर्षा का जल शैल-रन्ध्रों द्वारा भूमि में प्रवेश कर नीचे जल-तल तक पहुँच जाता है और उसके नीचे इसका क्षैतिज प्रवाह होता है।

कार्स्ट प्रदेश में अपरदन-चक्र का विकास उसी अवस्था में भली प्रकार विकसित होता है, जबकि मोटी रन्ध्र शैलों के नीचे अरन्ध्र शैले बिछी हुई हो और जल-तल रन्ध्र शैलों में काफी गहराई पर हो। ऐसे प्रदेश जब समुद्र-गर्भ से यकायक ऊपर उठ जाते हैं तो अपरदन चक्र का प्रारम्भ हो जाता है। भूमिगत जल की क्रिया और उसकी विभिन्न अवस्थाओं के बारे में स्वीजीक (Civijic) नामक विद्वान ने पूर्ण रूप से खोज की थी। उसने यूगोस्लाविया के कार्स्ट प्रदेश का लम्बे समय तक अध्ययन किया और अपरदन चक्र की विभिन्न अवस्थाओं का पता लगाया। अतः कार्स्ट प्रदेशों के सम्बन्ध में स्वीजीक की खोज अत्यन्त ही महत्वपूर्ण है।

स्वीजीक के अनुसार, एक पूर्ण रूप से विकसित कार्स्ट-क्रम (Karst system) में जल-राशि के तीन क्षेत्र होते हैं।

(1) धरातल से कुछ ही नीचे का क्षेत्र जिसमें छोटी-छोटी जल-धाराएँ और जल-कोष होते हैं। साधारणतः ये शुष्क रहते हैं। केवल वर्षाकाल में ये थोड़ा जल नीचे पहुँचाते हैं।

(2) भू-पटल के नीचे जल-राशि का दूसरा क्षेत्र कभी शुष्क और कभी आर्द्र रहता है। इसमें बनी हुई कन्दराओं और धाराओं में पानी भरा रहता है। परन्तु यह स्थिति स्थायी नहीं होती।

(3) जल-राशि का सबसे नीचे का क्षेत्र अपारगम्य शैलों की तह पर स्थित होता है। यहाँ बहने वाली धाराएँ और तालाब आदि सदैव पानी से भरे रहते हैं। जल का यह स्थायी कोष है।

जल-प्रवाह की उपर्युक्त आदर्श प्रणाली धरातल की बनावट में भिन्नता तथा अन्य कारणों से प्रायः कही नहीं पायी जाती। साधारणतः कार्स्ट प्रदेशों की प्रारम्भिक अवस्था में भूमि के नीचे जल-प्रवाह भली प्रकार विकसित नहीं होता। फलस्वरूप वर्षा-जल का कुछ अंश धरातल पर शेष रह जाता है जिससे धरातल के ऊपर स्थायी झीले बन जाती हैं।

कार्स्ट प्रदेश की दूसरी अवस्था में भूमि के नीचे जल-प्रवाह की प्रणाली इतनी विकसित हो उठती है कि वर्षा का समस्त जल भूमि में समा जाता है। परन्तु जब कभी असाधारण रूप से वर्षा होती है तो कुछ जल धरातल पर शेष रह जाता है और उससे धरातल पर अस्थायी झीलों की रचना हो जाती है।

कार्स्ट प्रदेश की अन्तिम अथवा पूर्ण अवस्था में धरातल पर होने वाली वर्षा का समस्त जल शीघ्र ही भूमि में छिप जाता है। अतः इस अवस्था में धरातल के ऊपर झीलों का पूर्ण अभाव रहता है। इस अवस्था में धरातल के ऊपर जल केवल उन गर्तों में दिखाई पड़ता है जो भूमि के नीचे संतृप्त जल (saturation level) से मिले हुए होते हैं।

भूमिगत जल के प्रवाह के सम्बन्ध में स्वीजीक के पूर्व ग्रुण्ड तथा काटजर ने भी अपने मत प्रकट किये थे। ग्रुण्ड की मान्यता है कि चूना-पत्थर के क्षेत्र में एक संतृप्त-तल होता है जिसके नीचे चट्टानें बराबर जल से भरी रहती हैं। जब ऊपर से वर्षा का जल यहाँ पहुँचता है तो यहाँ जल में प्रवाह होने लगता है। काटजर के मत से भूमि के नीचे जल का अनवरत प्रवाह रहता है। जहाँ ऐसा नहीं होता वहाँ 'साइफन' के समान गड्ढे हैं जो पानी को ऊपर धकेल देते हैं। काटजर के अनुसार स्थायी जल एक आकस्मिक और क्षणिक क्रिया है।

उपर्युक्त दोनों मतों के आधार पर कार्स्ट प्रदेशों की जल-प्रणाली और उनकी आकृति को स्पष्ट नहीं किया जा सकता। कार्स्ट प्रदेशों में जल-स्तर में अन्तर, जल-स्रोतों के स्थान, झीलों का अभाव व उनका शुष्क होना आदि तथ्यों की कोई स्पष्ट व्याख्या इनसे नहीं हो पाती।

यद्यपि अधिकांश विद्वान् कार्स्ट प्रदेशों में अपरदन चक्र की व्यवस्था को स्वीकार करते हैं, किन्तु डेविस महोदय ने कार्स्ट अपरदन चक्र को बहुत कम महत्त्व दिया है। डेविस की मान्यता है कि कार्स्ट चक्र वस्तुतः सामान्य अपरदन चक्र की ही एक अवस्था (प्रौढावस्था) है। उसके मतानुसार इस अवस्था का विकास एक विशेष प्रकार की चट्टानों (चूने की चट्टानों) वाले प्रदेश में होता है। इस धाराणा के पीछे उसका तर्क यह है कि 'कार्स्ट चक्र' पृष्ठीय अपवाह (Surface drainage) के साथ प्रारम्भ होता है और उसके साथ ही समाप्त भी होता है। वास्तव में चक्र का प्रारम्भ धरातल पर बहने वाली नदियों के भूमिगत होने से होता है और उसका अन्त भूमिगत नदियों के पुनः धरातल पर प्रकट होने से होता है। इस प्रकार देखा जाय तो 'कार्स्ट-चक्र' 'अपरदन के सामान्य चक्र' की एक अवस्था ही प्रतीत होती है किन्तु कार्स्ट अपरदन चक्र का अलग से अध्ययन करना ही श्रेयस्कर है।

स्वीजीक का कार्स्ट अपरदन चक्र (Karst Cycle of Civjic)—स्वीजीक महोदय ने सन् 1918 में कार्स्ट अपरदन चक्र का प्रतिपादन किया था। उसके अनुसार कार्स्ट चक्र की चार अवस्थाएँ होती हैं—(1) युवावस्था, (2) प्रौढावस्था, (3) पूर्ण प्रौढावस्था, और (4) जीर्णावस्था। किन्तु उसके मतानुसार अपरदन चक्र का विकास तभी सम्भव होता है जबकि चूना-पत्थर की मोटी सरन्ध्र शैल के नीचे अरन्ध्र शैल स्थित हो एवं ये चट्टानें जल-तल से काफी ऊँचाई पर हों। ऐसी अवस्था होने पर धरातल की अपवाह व्यवस्था द्वारा कार्स्ट भूमि का शीघ्र ही विनाश हो जाता है और कार्स्ट स्थलाकृति का शनैः-शनैः विकास होने लगता है। कार्स्ट चक्र की विभिन्न अवस्थाओं का उल्लेख नीचे किया जा रहा है :

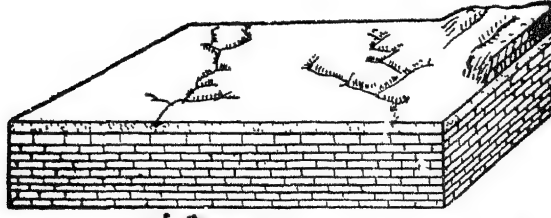
(1) **युवावस्था**—कार्स्ट प्रदेश की युवावस्था में धरातल पर वर्षा-जल की अधिकता रहती है। चट्टानों की सभी सन्धियाँ जल से पूर्ण रहती हैं और सतह पर स्थायी झीले भी उत्पन्न हो जाती हैं। धीरे-धीरे घुलन क्रिया द्वारा चट्टानों के सन्धि स्थल चौड़े होने लगते हैं जिससे धरातल का ऊपरी जल उन सँधों द्वारा भूमि में प्रवेश करने लगता है। इस प्रकार धरातल का ऊपरी प्रवाह निरन्तर कम होता जाता है। धरातली अपवाह का कम होना युवावस्था का ही चिह्न है। धरातल के ऊपर बिछी चूने की चट्टानों का मोटा आवरण जल-प्रवाह द्वारा धीरे-धीरे कटने लगता है। चट्टानों की सँधों घोल द्वारा चौड़ी होती जाती हैं। फलस्वरूप धरातल पर यत्र-तत्र घोल रन्ध्र, विलय रन्ध्र तथा डोलाइन की रचना हो जाती है। कुछ विद्वान् लैपीज की रचना को प्रौढावस्था का दृश्य मानते हैं, किन्तु वान एगलिन ने इसे युवावस्था का रूप माना है। स्वीजीक ने भी लैपीज की रचना को इस अवस्था की मुख्य विशेषता माना है। इस अवस्था में भूमि पर विलय रन्ध्र एवं डोलाइन की संख्या और उनका विस्तार बराबर बढ़ता रहता है। यद्यपि इस अवस्था में कन्दरा की रचना प्रारम्भ हो जाती है परन्तु उनका बहुत अधिक विकास नहीं हो पाता। इस अवस्था में वर्षा जल का अधिकांश अश सतह पर न रहकर भूमि के नीचे प्रवाहित होने लगता है। धरातल से ज्योंही जल-धाराएँ विलुप्त होने लगती हैं, कार्स्ट भू-दृश्य की युवावस्था समाप्त हो जाती है।

(2) **प्रौढावस्था**—इस अवस्था में अधिकांश धरातलीय जल-प्रवाह का स्थान भूमिगत जल-प्रवाह ले लेता है। धरातल पर कोई स्थायी झीले नहीं होतीं। धरातल के ऊपर बहने वाली नदियाँ केवल धँसती निवेशिकाओं के रूप में ही शेष रह जाती हैं। इस अवस्था में विलय रन्ध्र तथा डोलाइन की संख्या बढ़ जाती है तथा उनका आकार भी बड़ा हो जाता है। डोलाइन के परस्पर मिलने से युवाला (सकुण्ड) की रचना होने लगती है जो प्रौढावस्था के आगमन का सूचक होता है। इस युवाला के साथ-साथ जहाँ-तहाँ अन्धी घाटियों का भी निर्माण होता रहता है। इस समय जल का क्षय कार्य बिलकुल अदृश्य होता है। भूमि के नीचे परत के परत घुलकर नष्ट हो जाते हैं और भूमि खोखली हो जाती है। भूमिगत जल द्वारा भूमि के अन्दर से खोखले होते रहने

से बड़ी-बड़ी कन्दराएँ बन जाती हैं। इस प्रकार प्रौढावस्था में कार्स्ट स्थलाकृति का बहुत अधिक विकास होता है।

(3) पूर्ण प्रौढावस्था—इस अवस्था में घुलन क्रिया का

प्रभाव स्पष्ट प्रकट होने लगता है। प्रौढावस्था के समय विकसित कार्स्ट भू-आकारों का इस समय विनाश होने लगता है। ऊँचे उठे कार्स्ट भू-आकारों के अपरदन की अधिकता से समस्त कार्स्ट धरातल नीचा होने लगता है। कन्दराओं के निरन्तर विकास होते रहने से कन्दराओं की ऊपरी छत घुल-घुलकर पतली हो जाती है और अन्त में नीचे धँस जाती है जिससे जगह-जगह कार्स्ट खिड़कियाँ बन जाती हैं। इन कार्स्ट खिड़कियों से अन्दर बहने वाली जल-धाराएँ दिखाई पड़ने लगती हैं। कार्स्ट खिड़कियाँ धीरे-धीरे बढ़कर युवाला का रूप ले लेती हैं। कई युवालाओं के परस्पर मिलने तथा कन्दराओं की छतों के धँसक जाने से पोलजी अर्थात् राजकुण्डों का निर्माण हो जाता है। अपरदन के कारण इस अवस्था में समस्त कार्स्ट प्रदेश कटकर समप्रायः मैदान का रूप लेने लगता है। चूने की चट्टानों के कुछ अवशिष्ट भाग चूर्ण कट अर्थात् हम्स के रूप में कार्स्ट धरातल पर यत्र-तत्र दृष्टिगोचर होते हैं। चूर्ण कूटों



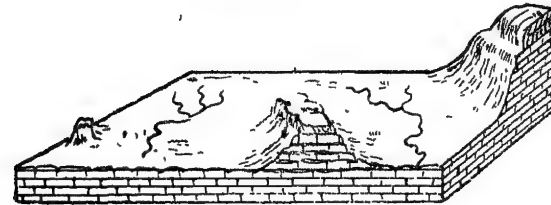
पूर्व यौवनावस्था



उत्तर यौवनावस्था



प्रौढावस्था



जीर्णावस्था

चित्र 251—कार्स्ट प्रदेश में अपरदन-चक्र की विभिन्न अवस्थाएँ

का विकास जीर्णावस्था के आगमन का सूचक होता है।

(4) जीर्णावस्था—इस अवस्था में भूमिगत जल अधिक गहराई तक अपरदन कार्य करने में असमर्थ रहता है। पोलजे तथा हम्स का इस समय पूर्ण विकास होता है। ये कार्स्ट प्रदेश की जीर्णावस्था के चिह्न हैं। कार्स्ट प्रदेश की ऊपरी चूने की चट्टानें पूर्णतः नष्ट हो जाती हैं और सम्पूर्ण क्षेत्र एक बार पुनः अरुद्ध शैलों पर खुल जाता है। इससे धरातली जल-प्रवाह की साधारण व्यवस्था पुनः नीचे की अपारगम्य शैलों पर स्थापित हो जाती है। जीर्णावस्था के कार्स्ट भू-दृश्य संयुक्त राज्य अमरीका के वर्जीनिया, नेचुरल ब्रिज कण्ट्री तथा फ्रांस के कासेस में देखे जाते हैं।

भूमिगत जल और नदियों के अपरदन चक्र की अन्तिम अवस्था में थोड़ा अन्तर मिलता है। यद्यपि दोनों में समप्रायः मैदान (peneplain) बनते हैं, किन्तु चूना पत्थर का समप्रायः मैदान

बिन्दु पद्धति (dot pattern) का होता है, जबकि नदियाँ नीची पंक्तिवत् दोआब बनाती हैं। कास्ट प्रदेश के हम्स जलीय चक्र के मोनेडनाक के सदृश होते हैं।

किसी भी अपरदन चक्र के वर्णन में सदैव आदर्श अवस्थाओं का ही उल्लेख किया जाता है। किन्तु यह आवश्यक नहीं कि किसी कास्ट प्रदेश में विभिन्न अवस्थाओं का विकास उपरोक्त क्रमानुसार ही हो। एक ही प्रदेश में एक स्थान पर युवावस्था और समीप ही दूसरे स्थान पर प्रौढावस्था के चिह्न देखे जा सकते हैं। यदि भूमिगत जल धरातल की निचली परतों में कोई चूने की नवीन परत खोज लेता है तो वहाँ वृद्धावस्था में गुजरते हुए प्रदेश में अचानक युवावस्था के चिह्न दिखाई पड़ जाते हैं। अपरदन चक्र में यह भी आवश्यक नहीं है कि कोई भी स्थान चक्र की तीनों अवस्थाओं में से होकर गुजरे ही। कई स्थानों पर युवावस्था के तुरन्त बाद जीर्णवस्था भी प्रकट हो सकती है। वस्तुतः चक्र की अवस्थाएँ चूने की चट्टानों की संरचना और संगठन तथा भूमिगत जल के स्वभाव पर निर्भर करती हैं।

खड़िया प्रदेश और उसका भू-दृश्य

(The Chalk Country and its Landscape)

खड़िया अत्यन्त ही पारगम्य शैल है। इसमें अनेक सटी हुई संधें पायी जाती हैं। इन संधों के कारण वर्षा का जल शीघ्र ही नीचे उतर जाता है और साथ ही कैल्शियम कार्बोनेट को घुलाता जाता है। ऐसा अनुमान लगाया है कि इंग्लैण्ड के खड़िया प्रदेश में प्रतिवर्ष एक वर्गमील क्षेत्र से 140 टन पदार्थ घुलकर बह जाता है।¹ खड़िया शैल की इस सरन्ध्रता और घुलनशीलता के कारण इन प्रदेशों में विशिष्ट भू-दृश्य विकसित हो जाते हैं।

खड़िया प्रदेश में प्रायः भूमि ऊँची-नीची पायी जाती है। इसमें जगह-जगह सुडौल आकृति की पहाड़ियाँ मिलती हैं। इनके बीच खुले निम्न मैदान पाये जाते हैं। ये मैदान छोटी घास से ढके हुए होते हैं। इन मैदानों में जहाँ कहीं शैल-स्तर मुड़े हुए होते हैं वहाँ एक ओर खड़ा कगारी ढाल और दूसरी ओर मन्द नमन ढाल मिलता है। ऐसी आकृति वाले स्थल-भाग क्वेस्टा (Cuesta) कहलाते हैं। जहाँ कहीं शैलों का झुकाव बहुत ही खड़ा होता है जैसा कि ग्यूइल्डफोर्ड (Guildford) के पश्चिम में होग्स बैक (Hogs Back) में पाया जाता है। खड़िया का शैल दृश्यांश (out-crop) बहुत ही सकीर्ण होता है। कभी-कभी खड़िया द्वारा बहुत ही मन्द ढाल वाले ऊँचे-नीचे मैदान बनते हैं। जैसे इंग्लैण्ड में सेलिसबरी मैदान।

यद्यपि इन प्रदेशों में चूना प्रदेशों की अपेक्षा नदी-घाटियाँ अधिक मिलती हैं, परन्तु जलयुक्त नदी-घाटियाँ कम पायी जाती हैं। वस्तुतः यहाँ धरातली अपवाह बहुत कम होता है। अधिकांशतः शुष्क घाटियाँ पायी जाती हैं। स्थायी रूप से बहने वाली नदियाँ दूर-दूर होती हैं। केवल वे ही नदियाँ खड़िया प्रदेश के पार तक बहती हैं जिनका उद्गम खड़िया-क्षेत्रों से बाहर होता है। इस प्रदेश में बहने वाली नदियों की घाटियों के ढाल तीव्र और तल सुडौल होते हैं। किन्तु जब निकटवर्ती पहाड़ियों से मलवा आकर इनकी तली में एकत्र हो जाता है तो घाटी तल ऊबड़-खाबड़ हो जाता है।

कभी-कभी पृष्ठीय निक्षेप (superficial deposits) के कारण खड़िया भूमि के तल में परिवर्तन हो जाता है। खड़िया के ऊपर कहीं टरशरी काल के बालू-कण एच चीका मिट्टी के पुरान्तःशायी (outlier) मिलते हैं और कहीं चकमक पत्थर (flint) के साथ चीका मिट्टी मिलती है। कुछ स्थानों पर खड़िया हिम-निक्षेपो—बालू, बजरी व बाडलडर क्ले—से ढकी हुई पायी जाती है। हिम-निक्षेपों के चिह्न इंग्लैण्ड के खड़िया प्रदेश में यत्र-तत्र मिलते हैं। जहाँ समुद्र तटों के समीप खड़िया शैल मिलती है वहाँ बहुत ही आकर्षक खड़ी भृगुएँ और अन्तरीप पाये जाते हैं।

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 92

खड़िया प्रदेश का जल-विज्ञान (Hydrology of a Chalk Country)

खड़िया प्रदेशो में जल की प्रचुरता पायी जाती है। किन्तु यहाँ जल-प्रवाह अधिकांशतः उप-सतही (sub-surface) होता है। खड़िया की संधों और रन्ध्रों द्वारा जल शीघ्र नीचे उतर जाता है। घुलन-क्रिया से खड़िया घुलती भी चली जाती है। खड़िया में जल के प्रवाह से जहाँ-तहाँ छिछले गर्त बन जाते हैं। कहीं-कहीं ये गर्त काफी बड़े होते हैं। केण्ट में 90 गज नीचे 10,800 घन फुट की एक खाई पायी गयी है। राचेस्टर में 50 गज नीचे 17 फुट गहरा और 12 फुट चौड़ा खोह पाया गया है। इस प्रदेश में बहने वाली नदियाँ अधिकांशतः अस्थायी प्रकृति की होती हैं। यहाँ कुछ नदियाँ जो साल भर बहती हैं वे जल-तल के वर्ष के अधिकांश समय धरातल के निकट होने के कारण बहती हैं। जब कभी वर्षा नहीं होती तो ये नदियाँ भूमि के अन्दर गर्तों में छिप जाती हैं। उदाहरणतः, सारे प्रान्त में मोल नदी डोकिंग और लीथहेड के मध्य खड़िया प्रदेश को पार करते समय दीर्घकाल तक सामान्य धारा-सी बनी रहती है। यह अवस्था तब तक रहती है जब तक जल-तल सतह पर रहता है। जब कभी जल-तल नीचे चला जाता है तो नदी के बड़े भाग में जल का सर्वथा अभाव रहता है। नदी का एक प्रकार से लोप हो जाता है। आगे चलकर यह पुनः सतह पर आ जाती है। किन्तु जहाँ जलधारा सूख जाती है वहाँ जल-स्तर के नीचे चले जाने के कारण शकुवत गर्तों द्वारा जल नीचे चला जाता है। ऐसे रन्ध्रों को विलय रन्ध्र कहते हैं। प्रायः इनके ऊपरी भाग में जल द्वारा प्रवाहित मलवा भर जाता है। पार्श्विक अधोगमन से भी इसमें सहायता मिलती है। इन रन्ध्रों के मलवे से भर जाने पर भी जल नीचे चला ही जाता है। किसी-किसी क्षेत्र में इन विलय रन्ध्रों की अधिकता पायी जाती है। इनके परस्पर मिल जाने पर उवाला बन जाते हैं। जाड़ों में जब वहाँ खूब वर्षा होती है तो यह निमज्जित प्रदेश जलमग्न हो जाता है और वह झील का रूप ले लेता है। साधारणतः नदी के दोनों पार्श्वों में विलय-रन्ध्रों का अभाव मिलता है। किन्तु सतृप्त तल के ऊपर ऊँचे स्थानों में ये पाये जाते हैं। रन्ध्रहीन चट्टानों के किनारों पर चीका मिट्टी और चकमक-मिश्रित निक्षेपों में इनका भली प्रकार विकास होता है। ये बालू-कण स्तर और रोड़ों की पतली तह के नीचे भी बनते हैं। शनैः-शनैः ये खाई का रूप ग्रहण कर लेते हैं। इन गर्तों को पाइप (pipe) भी कहा जाता है।

शुष्क घाटियाँ

(Dry Valleys)

शुष्क घाटियाँ खड़िया एवं चूने के प्रदेशों का विशिष्ट भू-रूप हैं। खड़िया प्रदेशों में नमन ढाल वाले क्षेत्रों में पायी जाने वाली शुष्क घाटियाँ ठीक उसी प्रकार की प्रणाली (pattern) की रचना करती हैं जैसा कि सामान्य नदी-घाटी में देखा जाता है। कई शुष्क घाटियों में नदी-घाटियों के समान ही अन्तर्ग्रथित पर्वत प्रक्षेप (interlocking spurs), अन्तःकृतित विसर्प (ingrown meander), और सवेधित घाटी सन्धि-स्थल (accordant valley junctions) (जैसा कि सेलिसबरी के मैदान में पाये जाते हैं) आदि रूप देखे जाते हैं। साथ ही उनके घाटी-तल पर विभिन्न मोटाई के जलोढक (alluvium) और शुष्क घाटी में बजरी बिछी हुई पायी जाती है। प्रायः सभी खड़िया प्रदेशीय घाटियों में ऐसे सामान्य लक्षण नहीं मिलते। जो घाटियाँ खड़िया कगारो (chalk escarpment) को काटती हैं, वे प्रायः असामान्य गहराई की होती हैं। ऐसी घाटियों की दीवारें तीव्र ढालयुक्त और सिर एकदम खड़े होते हैं। इनका मार्ग भी बड़ा विचित्र और टेढ़ा-मेढ़ा होता है।

खड़िया प्रदेश की प्राकृतिक बनावट में शुष्क घाटियों की उत्पत्ति बड़ा ही विवादास्पद विषय है। इनकी उत्पत्ति के सम्बन्ध में कई विभिन्न मत रखे गये हैं। किन्तु इनके सम्बन्ध में

यदि कोई निश्चित बात है तो वह यही है कि इनकी रचना जल अपवाह की जिन परिस्थितियों में हुई है वे अब विद्यमान नहीं हैं। कुछ विद्वान इन घाटियों को असामान्य रूप नहीं मानते। उनके अनुसार ये घाटियाँ जल-तल के क्रमशः नीचे गिरते जाने से बनी हैं। नीचे गिरते हुए जल-तल के साथ ऊँची घाटियों की छोटी धाराएँ घाटी को उसी प्रकार गहरा करते रहने में असमर्थ रही। यहाँ यह बात उल्लेखनीय है कि स्वयं जल-तल खड़िया प्रदेश के स्रोतों की ऊँचाई द्वारा नियन्त्रित होता है। अतः जब खड़िया प्रदेश के सतृप्त तल में परिवर्तन होता है तो कई घाटियाँ शनै-शनै अपने सिरों से नीचे की ओर शुष्क होती जाती हैं। इसमें कोई सन्देह नहीं है कि खड़िया प्रदेश की शुष्क घाटियों की रचना में जल-तल के नीचे गिरने की क्रिया का गहरा प्रभाव होता है।

दूसरा मत यह है कि इन घाटियों की रचना अशत हिम-पूर्व की अवस्थाओं (pre-glacial conditions) में हुई है। हिम-काल में खड़िया प्रदेश में जल का प्रवाह ग्रीष्म में होने वाली वर्षा और हिम के पिघलने में हुआ होगा। हिम के पिघलने से कुछ घाटियाँ कगार पर भी बनी होगी। इसी प्रकार शिलाओं के झुकाव के ढालों पर भी इनकी रचना हुई होगी। किन्तु फ्रांस के खड़िया प्रदेश में जहाँ हिम का पाया जाना सम्भव नहीं है, इन घाटियों का पाया जाना उचित नहीं ठहरता।

हाल ही में फैग्स (Faggs) ने उत्तरी सिरे के खड़िया प्रदेश का अध्ययन कर शुष्क घाटियों की उत्पत्ति के कारणों पर प्रकाश डाला है जो बहुत ही युक्तिसंगत प्रतीत होते हैं। इनका मत है कि जल-तल की सामान्य ऊँचाई अधिकांशतः कगारों के पदों में स्रोतों के प्रवाह तल पर आश्रित होती है। सम्भवतः कगार वर्तमान अपरदन के चक्र काल में ऊपर उठे समुद्र-मंदान के अग्र भाग के पीछे हटने के कारण बने हैं। कगार के पीछे हटने के साथ-साथ उसकी ऊँचाई भी बढ़ती गयी और स्रोतों का प्रवाह-तल क्रमशः नीचे गिरता गया। फलस्वरूप पहले से निर्मित घाटियाँ शुष्क रह गयीं।

खड़िया प्रदेश का प्रमुख भू-दृश्य (Salient Features of Chalk Country)

खड़िया प्रदेश की अधिकांश घाटियाँ शुष्क होती हैं। किन्तु कुछ नदी-घाटियाँ जिनका उद्गम इन प्रदेशों के बाहर होता है, जल से भरी हुई मिलती हैं। इन प्रदेशों में घाटी-तल के अपरदन से जल-तल नीचे चला जाता है। फलस्वरूप खड़िया में जन्मी इनकी सहायक नदियाँ सूखी रहती हैं। इनका जल भूमि में नीचे चले जाने से ही ये शुष्क रहती हैं। किन्तु कुछ घाटियों के निम्न भागों में निरन्तर भारी वर्षा के उपरान्त अस्थायी धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। विभिन्न खड़िया प्रदेशों में ऐसी अस्थायी रूप से प्रवाहित शुष्क घाटियों को बोरनीज (Bournes) कहते हैं। वस्तुतः बोरनीज की उत्पत्ति जल-तल के ऊपर उठ जाने से होती है। किन्तु यह अस्थायी रूप है। उदाहरणतः क्रायडन बोरनीज (Crydon Bournes) वेण्डल की शुष्क घाटी में कभी-कभी अधिकार कर लेती है। बोरनीज एक प्रकार के आन्तरायिक नाले (intermittent streams) हैं। विभिन्न स्थानों पर इनको विभिन्न नाम दिये जाते हैं, जैसे विल्टशायर में इन्हें विण्टर बोरनीज (Winter Bournes), केण्ट में नेल बोरनीज (Nail Bournes), हेम्पशायर में लेवेण्ट्स (Lavants) तथा यार्कशायर में जिप्सीज (Gypseys) कहते हैं। बोरनीज की उत्पत्ति किसी भी शुष्क घाटी में हो सकती है। भारी वर्षा के उपरान्त शुष्क घाटियाँ जल से भर जाती हैं और कुछ महीनों तक जल से परिपूर्ण रहती हैं। यह जल कुछ विशेष छिद्रों से ऊपर आता है और बोरनीज को जन्म देता है। किन्तु भारी वर्षा के समय और बोरनीज के प्रवाह के समय में अन्तर रहता है। कुछ बोरनीज प्रत्येक जाड़े में बहती हैं और कुछ एक दशक में दो-तीन बार ही प्रवाहित होती हैं।

28

हिमनदियाँ एवं हिमनदन (GLACIERS AND GLACIATION)

धरातल की परिवर्तनकारी शक्तियों में जल-वृष्टि का विशेष स्थान है। वर्षा का जल नदियों के रूप में स्थल पर भारी उलट-फेर कर देता है, किन्तु धरातल पर कुछ प्रदेश ऐसे हैं जहाँ जल-वृष्टि बिलकुल नहीं होती। वहाँ अत्यन्त शीतल जलवायु के कारण वर्षा हिमपात (Snowfall) के रूप में होती है। अति उच्च पर्वतीय प्रदेशों एवं उच्च अक्षांशों में सदैव हिमपात ही होता है। इन प्रदेशों में हिमपात इतना अधिक होता है कि ग्रीष्म ऋतु में भी यहाँ बर्फ पिघल नहीं पाती। ये प्रदेश हमेशा हिमाच्छादित रहते हैं। अतः इन प्रदेशों में हिम ही धरातल के अनाच्छादन का मुख्य साधन है।

वर्तमान समय में पृथ्वी पर विस्तृत हिम-क्षेत्र इतने छोटे होते हैं कि उनके द्वारा धरातल पर अनाच्छादन के साधन के रूप में हिम के कार्यों को भली प्रकार नहीं समझा जा सकता। परन्तु पृथ्वी का भू-गर्भिक इतिहास हमें बताता है कि विगत काल में पृथ्वी का अधिकांश भाग कई बार हिमावरण से आच्छादित रहा। इन हिमावरणों के चिह्न आज भी पृथ्वी के विस्तृत भागों में देखने को मिलते हैं। इन तथ्यों से विदित होता है कि धरातल की साज-सज्जा में हिम का महत्वपूर्ण हाथ है। यद्यपि हिम का प्रभाव पृथ्वी के कुछ ही भागों तक सीमित रहता है और साथ ही उसका कार्य अनवरत न होकर आन्तरिक रूप से होता है। फिर भी यह धरातल पर महान परिवर्तन उपस्थित कर देता है।

हिम क्षेत्र (Snow Fields)

धरातल पर हिम का कार्य केवल स्थायी हिम-क्षेत्रों तक सीमित होता है। ससार में आस्ट्रेलिया को छोड़कर प्रायः सभी महाद्वीपों में स्थायी हिम क्षेत्र पाये जाते हैं। ये हिम क्षेत्र प्रायः अत्यन्त न्यून तापमान वाले भागों में मिलते हैं, किन्तु अकेले न्यून तापमान से ही स्थायी हिम-क्षेत्रों का विकास सम्भव नहीं है। उदाहरणतः, उत्तरी साइबेरिया विश्व का एक अत्यन्त शीतल क्षेत्र है, परन्तु यहाँ हिम सतत रूप से नहीं रहती। जाड़ों में जो अल्प-हिमपात होता है वह बसन्त ऋतु में शीघ्र ही पिघल जाता है। स्थायी हिम क्षेत्रों का विकास उन्हीं स्थानों पर होता है जहाँ जाड़ों में होने वाले हिमपात की मात्रा इतनी अधिक होती है कि ग्रीष्म ऋतु की धूप और वाष्पीकरण भी उसको पिघला न सके। शुष्क हवा भी हिम को उड़ा देती है। इसी प्रकार तीव्र पहाड़ी ढालों में हिमानी अवधाव (avalanching) के द्वारा भी हिम हटा दी जाती है। अतः हिम क्षेत्रों की रचना के लिए मन्द ढाल एवं तेज धूप और तेज हवाओं से रक्षित गर्त ही सर्वोत्तम स्थान होते हैं। ऐसे स्थानों

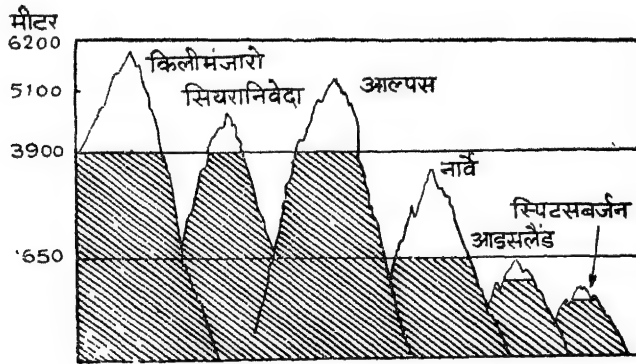
पर हिमपात की शेष राशि वर्ष-प्रतिवर्ष एकत्रित होती रहती है, जिससे हिमक्षेत्र की गहराई और उसका विस्तार बढ़ता जाता है। अतः संसार के वे सभी भाग जहाँ स्थायी रूप में हिम जमी हुई रहती है, हिम-क्षेत्र (Snow Fields) कहलाते हैं। ये हिम क्षेत्र संसार में व्यापक रूप से फैले हुए पाये जाते हैं। प्रायः सभी अक्षांशों में स्थित पर्वतों के ऊपर हिम क्षेत्र मिलते हैं। विषुवत रेखा के निकट दक्षिणी अमरीका के एण्डीज, पूर्वी अफ्रीका के किलीमान्जरो तथा यूरोप के आल्प्स, पिरिनीज, काकेशस, यूराल एवं स्कैण्डिनेविया तथा हिमालय, राँकीज और उत्तरी-पूर्वी एशिया के उच्च भागों में हिम क्षेत्र मिलते हैं। इन छोटे हिम क्षेत्रों के अतिरिक्त ग्रीनलैण्ड तथा अण्टार्क्टिका में विशाल हिम क्षेत्र पाये जाते हैं।

वर्तमान समय में पृथ्वी के धरातल पर हिम क्षेत्रों का कितना विस्तार है इसका एक अनुमान चेम्बरलेन तथा सेलिसबरी ने प्रस्तुत किया है। इन विद्वानों के अनुसार संसार में लगभग 40 लाख घन किलोमीटर हिम क्षेत्रों का विस्तार है।¹ यदि हिम क्षेत्रों की यह समस्त हिम पिघल कर पुनः समुद्र में पहुँच जाय तो महासागरो का तल 200 से 300 फुट तक ऊपर उठ जायगा।²

हिमरेखा (Snow Line)

किसी स्थान पर जिस रेखा के ऊपर सदैव हिम जमी रहती है, उस रेखा को हिमरेखा (Snow Line) कहा जाता है। होम्स के अनुसार, "The level upto which the snow melts in summer, i.e., the lower edge of a permanent snow field (if present), is called the snow line."

इसका तात्पर्य यह है कि हिमरेखा के ऊपर हिम कभी भी पूरी तरह नहीं पिघलती है। किन्तु इस हिमरेखा की स्थिति सदैव एक जैसी नहीं रहती है। हिमरेखा की स्थिति पर जलवायु की



चित्र 252—हिमरेखा

अवस्थाओं तथा धरातल की प्रकृति का गहरा प्रभाव पड़ता है। आल्प्स की अनेक चोटियाँ अपने चारों ओर फैले हिम क्षेत्रों से स्पष्ट ऊपर खड़ी हुई देखी जाती हैं। इसके शिखर इतने ढालू हैं कि उन पर हिम एकत्र ही नहीं हो पाती। किसी स्थान की ऊँचाई एवं अक्षांश भी हिमरेखा को प्रभावित करते हैं। जैसे हिमरेखा ध्रुवों के निकट समुद्र-तल पर, दक्षिणी ग्रीनलैण्ड में 2,000 फुट,

¹ R. D. Salisbury : *Physiography*, p. 194

² अलैक्जेंडर मारशैक, पृथ्वी और अन्तरिक्ष, p. 64

नॉर्वे में 4,000 फुट, दक्षिणी चिली में 5,000 फुट, दक्षिणी अलास्का में 7,000 फुट, आल्प्स में 13,000 फुट, पूर्वी अफ्रीका में 17,000 फुट एवं हिमालय में 16,000 फुट की ऊँचाई पर मिलती है। भारत में हिमरेखा की वास्तविक ऊँचाई निर्धारित करना बड़ा कठिन है, क्योंकि यहाँ स्थायी हिम-क्षेत्र यकायक ग्रीष्मकाल में हिमयुक्त रहने वाले प्रदेश में परिणत नहीं होता। स्थायी हिम-क्षेत्र का हिमयुक्त क्षेत्र में यह परिवर्तन क्रमिक रूप से होता है।¹ समशीतोष्ण कटिबन्ध में जाड़े की हिमरेखा में बड़ा परिवर्तन देखा जाता है। यह एक स्थान से दूसरे स्थान एवं वर्ष-प्रतिवर्ष बदलती रहती है। समुद्री किनारों के निकट इसमें अधिक परिवर्तन देखा जाता है, जैसा कि ब्रिटेन में होता है। स्कॉटलैण्ड के उच्च भागों में 3,000 फुट के ऊपर वर्ष में औसतन 80 दिन हिम जमा हुआ रहता है। यह एक आश्चर्य की बात है कि यहाँ का सर्वोच्च पर्वत-शिखर बेन नेविस (Ben Nevis) अनुमानित स्थायी हिमरेखा को नहीं छू पाता। हिमरेखा की ऊँचाई साधारणतः निम्न बातों से प्रभावित होती है :

(1) अक्षांश—हिमरेखा की स्थिति पर अक्षांश का स्पष्ट प्रभाव देखा जाता है। यह इस बात से स्पष्ट है कि निम्न अक्षांशों में यह रेखा ऊँची तथा उँचे अक्षांशों में यह रेखा नीची पायी जाती है। सामान्यतः विषुवत रेखा से ध्रुवों की ओर बढ़ने पर तापमान घटता जाता है जिससे हिमरेखा की ऊँचाई भी ध्रुवों की ओर उत्तरोत्तर कम होती जाती है। उदाहरणतः, विषुवत रेखा के निकट हिमरेखा की ऊँचाई 15,000 से 18,000 फुट तक पायी जाती है, जबकि ध्रुवों के निकट यह बिलकुल समुद्र-तल के समीप स्थित होती है।

(2) हिमपात की मात्रा—हिमरेखा का सम्बन्ध हिमपात की मात्रा से भी रहता है। जहाँ हिमपात की मात्रा कम होती है तो ग्रीष्म में वह पिघल जाती है, अतः वहाँ हिमरेखा की ऊँचाई बहुत अधिक रहती है। किन्तु जहाँ हिमपात बहुत अधिक होता है वहाँ सब हिम ग्रीष्म में पिघल नहीं पाती। इसलिए ऐसे स्थानों पर हिम क्रमशः एकत्रित होकर निम्न भागों को भी ढक लेती है। अतः वहाँ हिमरेखा सदैव नीची रहती है।

(3) भूमि का ढाल—किसी भी स्थान पर हिमरेखा की ऊँचाई-नीचाई धरातल की बनावट पर भी निर्भर करती है। अधिक ढालू स्थानों में हिम फिसलकर नीचे खिसक जाती है, अतः वहाँ हिमरेखा अधिक ऊँचाई पर मिलती है, किन्तु मन्द ढाल वाले स्थानों पर हिम अपने स्थान पर रुकी रहकर एकत्र होती जाती है जिससे वहाँ हिमरेखा नीची रहती है।

(4) वायु की दिशा—जो स्थान शुष्क वायु के प्रभाव में रहते हैं वहाँ हिम शुष्क वायु के प्रभाव से शीघ्र पिघलने लगती है। इसलिए हिमरेखा वहाँ ऊँची रहती है। इसके विपरीत जो स्थान आर्द्र हवाओं के प्रभाव में रहते हैं वहाँ हिमरेखा नीची रहती है। उदाहरणतः, हिमालय के दक्षिणी भाग में आर्द्र हवाओं के प्रभाव के कारण हिमरेखा की ऊँचाई 13,000 फुट ही है, जबकि उत्तरी ढाल अधिक ठण्डा होते हुए भी हिमरेखा की वहाँ ऊँचाई 16,000 फुट पायी जाती है।

अतः सेलिसबरी का यह कथन अक्षरशः सत्य है कि “Snow line occurs at any altitude at sufficiently high latitudes and at any latitude at sufficiently high altitude.”²

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 198

² P. C. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 267

विभिन्न अक्षांशों में हिमरेखा की ऊँचाई

स्थान	अक्षांश	ऊँचाई (फुट में)
इक्वेडोर	0°	18,500
बोलिविया	15° 5'	16,000
हिमालय	28° उ०	16,700
टेनेरीफ	33° उ०	13,000
चिली	33° द०	12,800
काकेशस	40° उ०	8,300-14,000
पिरेनीज	40° उ०	6,500
आल्प्स	46 $\frac{1}{2}$ ° उ०	9,000
स्केण्डिनेविया	60° उ०	5,000
ग्रीनलैण्ड	0° उ०	2,200
अण्टार्क्टिका	66 $\frac{1}{2}$ °-70° द०	समुद्र-तल

नेवे तथा हिमानी बर्फ
(Neve and Glacier Ice)

हिम (snow) रुई के गोलों (cotton balls) की भाँति हल्का व फूला हुआ तथा सफेद चूर्ण-सा होता है। अतः जब किसी क्षेत्र में हिमपात होता है तो वह पतली और ढीली परतों के रूप में गिरता है। लगातार हिमपात होने से हिम की मोटी-मोटी परतें जम जाती हैं। हिम की ऊपरी परतों के दबाव से निचली परतें दबकर अधिक ठोस रूप धारण कर लेती हैं। यह ठोस हिम जमे हुए पानी से नितास्त ही भिन्न होती है। इस ठोस हिम के कणों में वायु बनी रहती है जिससे यह श्वेत दानेदार हिम-पिण्ड में परिवर्तित हो जाती है। इसको फ्रांसीसी भाषा में कण-हिम या नेवे (Neve) और जर्मन भाषा में फर्न (Firn) कहते हैं।

नेवे हिमानी बर्फ से भिन्न होता है। वस्तुतः नेवे हिम तथा बर्फ की मध्यवर्ती दशा है। बर्फ एकदम ठोस और अपारगम्य होती है। इसके विपरीत नेवे पारगम्य तथा सफेद होता है। ग्रीष्मऋतु में हिम के पिघलने से जो पानी बनता है, बूँद-बूँद करके नेवे के अन्दर प्रवेश करता है और शीतलता से पुनः जम जाता है। इससे हिम की निचली परतें अधिक ठोस हो जाती हैं। निचली परतों के दबने और पुनः जमने से हिम परतों से वायु निकल जाती है। जो वायु उनमें शेष रह जाती है उससे बुलबुले बन जाते हैं। वायु के इन बुलबुलों से हिम परतें अपारदर्शी और सफेद हो जाती हैं। जब बराबर हिमपात होता है तो हिम परतों की मोटाई बहुत बढ़ जाती है। फलस्वरूप निचली तहों की वायु बिलकुल निकल जाती है और नेवे साफ नीले अथवा हरे बर्फ में परिणत हो जाती है। सामान्यतः एक हिम-क्षेत्र के निचले भाग में ठोस हिम (ice), मध्यवर्ती भाग में कण-हिम (Neve) तथा ऊपरी भाग में गुम्फिल हिम (snow) रहता है। इस प्रकार यदि हम किसी हिम-क्षेत्र का अनुप्रस्थ काट चित्र (Section) देखें तो उसमें स्पष्ट परतें दीख पड़ेंगी। इन परतों से प्रतिवर्ष हिम-प्राप्ति की मात्रा को पहचाना जा सकता है।

हिमानियाँ
(Glaciers)

हिमपात के कारण जब किसी हिम-क्षेत्र में हिम की राशि बहुत बढ़ जाती है तो फिर उसका स्थिर रहना कठिन हो जाता है। ऐसी अवस्था में थोड़ा-सा भी दबाव बढ़ने पर हिम

गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव से ढाल की ओर खिसकने लगता है। हिम-क्षेत्र से इस प्रकार खिसकती हुई हिम-राशि को ही हिमानी या हिमनदी (Glacier) कहा जाता है। ए० के० लोबेक ने हिमानी को बर्फ की नदी माना है (Alpine Glaciers are rivers of ice.) किन्तु हिमानी और नदी के स्वरूप एवं प्रकृति में महान अन्तर होता है। होम्स के अनुसार, "Glaciers are masses of ice, which under the influence of gravity, flow out from the snow fields where they originate."¹ इससे स्पष्ट है कि हिमानियाँ हिम-क्षेत्रों का विस्तार मात्र है। हिम-क्षेत्रों से अलग इनका कोई अस्तित्व नहीं होता। ये जीभ की भाँति हिम-क्षेत्रों से बाहर निकलती हुई होती है। जीभ को मुँह से बाहर निकालने की शक्ति शरीर पर आधारित है। उसी प्रकार हिमानी के आगे बढ़ने की शक्ति हिम-क्षेत्र पर निर्भर रहती है। यदि मार्ग में पिघलकर नष्ट हुए हिम की अपेक्षाकृत हिम की अधिक मात्रा हिमपात द्वारा हिम-क्षेत्र को प्राप्त होती है तो हिमानी बहुत दूर तक आगे बढ़ जाती है।



चित्र 253—लद्दाख की एक हिमानी

यद्यपि सभी हिमानियों की उत्पत्ति हिम-क्षेत्रों से ही होती है किन्तु सभी हिम-क्षेत्रों से हिमानियों का उद्भव नहीं होता। हिमानियों की उत्पत्ति सामान्यतः विस्तृत हिम-क्षेत्रों से ही होती है। अतः हिमानियाँ प्रायः अपने ऊपरी भाग में बहुत चौड़ी होती हैं। ज्यों-ज्यों हिमानी आगे बढ़ती है उनका रूप तथा आकार बदलता जाता है। किसी भी हिमानी का विस्तार निम्न बातों पर निर्भर करता है।

(1) काफी न्यून तापमान, जिससे कि हिम एकत्रित रहे।

¹ A Holms : *Principles of Physical Geology*, p.-204

- (2) प्रचुर हिम-वर्षा जिससे पर्याप्त हिम एकत्र हो सके।
- (3) वाष्पीकरण एवं हिम पिघलने की मन्द गति हो ताकि हिम-क्षेत्र से बहुत कम हिम नष्ट हो सके।

हिमानियों का प्रवाह (Movement of Glaciers)

ग्रीष्मऋतु में हिमानियों के ऊपरी तल की हिम तल से पिघलकर नष्ट होती रहती है। हिमानियों के नीचे से भी पिघलाव के कारण हिम नष्ट होती है। कुछ मात्रा में वाष्पीकरण भी हिम का शोषण कर लेता है। इस प्रकार स्पष्ट है कि हिमानियों के सिरों के निकट, विशेषकर ग्रीष्मऋतु में बड़ी तेजी से, हिम नष्ट होती रहती है। किन्तु यह देखा गया है कि हिमानियाँ प्रायः लम्बे समय तक अपने आकार में स्थिर रहती हैं। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि हिमानियों के नष्ट हुए हिम की पूर्ति किसी न किसी साधन द्वारा होती रहती है। वह साधन हिम-क्षेत्र ही है। हिम-क्षेत्रों से बराबर हिम नीचे खिसकती रहती है जिससे हिमानियों के नष्ट हुए हिम की पूर्ति होती रहती है। यदि हिम पूर्ति की यह बात सही है तो निश्चय ही हिमानियों में प्रवाह होता है।

प्रवाह गति (Rate of Movement)—पहले बहुत समय तक लोगों का यह विश्वास था कि हिमानी में कोई प्रवाह नहीं होता। क्योंकि हिम की गति इतनी मन्द होती है कि उसका साधारण अनुभव नहीं होता, किन्तु स्विट्जरलैण्ड के निवासी प्रो० ह्यूज (Prof. Hugi) ने सर्वप्रथम 1827 में हिमानी की प्रवाह गति को प्रमाणित किया। उसने उत्तरी आल्प्स पर्वत की एअर हिमानी (Air Glacier) पर एक झोपड़ी बनायी और उसकी गति की जाँच करना प्रारम्भ किया। सन् 1841 में यह झोपड़ी बहकर 4700 फुट आगे बढ़ गयी अर्थात् 14 वर्षों में इस हिमानी ने 4700 फुट लम्बा मार्ग तय किया। इसमें प्रतीत होता है कि हिमानी प्रतिदिन एक फुट की गति से आगे बढ़ी। इस प्रकार हिमानी की गति को ज्ञात करने के लिए सन् 1834 में लुइस अगासीज नामक एक स्विस विद्वान ने एक हिमानी के आरपार सीधी रेखा में कई खम्भे गाड़े। कुछ समय उपरान्त जब इनका निरीक्षण किया गया तो ज्ञात हुआ कि हिमानी के किनारों के खम्भों की अपेक्षा मध्य के खम्भे अधिक आगे बढ़ गये तथा सभी खम्भे घाटी के ढाल की ओर झुक गये हैं। इस परीक्षण से स्पष्ट हो गया कि हिमानियों में प्रवाह गति होती है। अब तो अनेक हिमानियों की गति को ज्ञात किया जा चुका है।



चित्र 254—हिमानी में
गति का प्रमाण

हिमानी का वेग मध्य में अधिक तीव्र होता है। किनारों एवं तली पर अवरोधस्वरूप वेग मन्द रहता है। सामान्यतया हिमानी की दैनिक गति एक-दो फुट से अधिक नहीं होती। आल्प्स पर्वत की हिमानियाँ अपनी मन्द गति के लिए प्रसिद्ध हैं। यहाँ की कई हिमानियाँ प्रतिदिन 20 इंच ही आगे बढ़ती हैं। जे० डी० फॉक्स के अनुसार स्विट्जरलैण्ड की प्रसिद्ध मेर डी ग्लेस (Mer de Glace) की चाल मध्य में 20 से 27 इंच व किनारों पर 12 से 19½ इंच रहती है। इसी प्रकार ट्रोयोल में हिण्टरीशफर्नर हिमानी की चाल वर्ष में 164 फुट तथा रोन हिमानी की चाल 318 फुट वार्षिक औंकी गयी है। हिमालय की फेडचेव्को (Fedcheucko) हिमानी प्रतिदिन 1½ फुट और जम्मू की हिमानी 9 इंच प्रतिदिन की गति से आगे बढ़ती है।¹ जनरल स्टैचे ने कराकोरम और कुफिनी हिमानियों का निरीक्षण कर यह निष्कर्ष निकाला कि हिमानी का निचला भाग अन्तिम

¹ D. N. Wadia : *Geology of India*, p. 15

हिमोढ़ के निकट प्रतिदिन 4 8 इंच और मध्य में 9.4 इंच तथा ऊपरी भाग में 5.3 से 10 इंच की गति से प्रवाहित होता है।¹ अलास्का प्रदेश की हिमानियों की गति बहुत आश्चर्यजनक है। यहाँ की गति कुछ हिमानियों की चाल 40 फुट प्रतिदिन है। ग्रीनलैण्ड की हिमानियाँ इससे भी अधिक तेजी से चलती हैं। यहाँ की हिमानियाँ प्रतिदिन 50 से 100 फुट या प्रतिवर्ष 5 मील की गति से बढ़ती हैं।

उपरोक्त विवरण से स्पष्ट विदित होता है कि हिमानियों की गति सब जगह और सब समय एकसी नहीं होती। हिमानियों की गति के सम्बन्ध में निम्न बातें ध्यान देने योग्य हैं। (1) हिमानियों का वेग किनारों की अपेक्षा मध्य में अधिक तीव्र होता है। (2) जाड़ों की अपेक्षा ग्रीष्म में इनकी गति तेज रहती है। (3) प्रातःकाल की अपेक्षा मध्याह्न में ये तेज चलती हैं। (4) तली की अपेक्षा ऊपरी तल पर प्रवाह-गति अधिक रहती है।

हिमानियों की गति को प्रभावित करने वाली बातें—हिमानियों की प्रवाह गति मुख्यतः निम्न बातों पर निर्भर करती है :

(1) **हिम की मोटाई**—प्रवाहित हिमानी के हिम की मोटाई जितनी अधिक होगी उसकी गति भी उसी प्रकार अधिक होगी।

(2) **भूमि का ढाल**—हिमानी जिस स्थान से होकर बढ़ती है यदि उसका ढाल तीव्र है तो उसकी गति अधिक होगी और यदि ढाल मन्द हुआ तो हिमानी की गति भी मन्द होगी।

(3) **तापमान**—हिमानी की गति तापमान के अनुसार रहती है। ग्रीष्म में तापमान की अधिकता से ही उनकी गति बढ़ जाती है।

(4) **हिमानी तल की स्थलाकृति**—यदि हिमानी के पदे के नीचे भूमि ऊबड़-खाबड़ हो तो गति मन्द पड़ जायेगी। समतल धरातल होने पर गति तीव्र होगी।

(5) **हिम के ऊपरी तल का ढाल**—यदि हिम चादरवत फैली रहती है तो उसकी गति धीमी रहती है। यदि इसका ऊपरी तल ढालू हुआ तो गति बढ़ जायेगी।

(6) **हिम में उपस्थित जल की मात्रा**—पिघलने से हिम में जल की मात्रा बढ़ जाती है। जल की अधिकता होने पर प्रवाह गति बढ़ जाती है।

(7) **हिमोढ़**—हिमानी जो हिमोढ़ अपने तल के साथ बहाकर ले जाती है उसकी मात्रा के अनुसार भी प्रवाह गति तेज अथवा मन्द हो जाती है।

चूँकि उपरोक्त परिस्थितियों में कई परिस्थितियाँ समय के साथ बदलती रहती हैं, अतः हिमानियों की प्रवाह गति में भी परिवर्तन होता रहता है।

हिमानी प्रवाह का स्वरूप

(Nature of Glacier Movement)

हिम-क्षेत्रों से हिम का प्रवाह किस प्रकार होता है, यह एक विवादास्पद प्रश्न है। कुछ विद्वानों का तो निश्चित मत है कि हिम और बर्फ के भार से उत्पन्न गुह्यवाकर्षण शक्ति ही हिमानी के प्रवाह का मूल कारण है। इसके विपरीत कुछ विद्वानों ने जमे हुए पानी की प्रसारणीय शक्ति (expansive force) जो लगभग 2000 पौण्ड प्रति वर्ग इंच है—की ओर ध्यान आकर्षित किया है। उनका विश्वास है कि हिम-क्षेत्र की तली में बर्फ के कणों के विकास की अन्त में एक ऐसी अवस्था आ जाती है जबकि बर्फ इतनी ठोस हो जाती है कि बर्फ के कणों के मध्य पानी के और अधिक जमने (further freezing) से बर्फ का प्रसार होता है और गति उत्पन्न होती है। इस प्रकार, "The repeated processes of melting and freezing both in the snow-

¹ H. L. Chibber : *Physical Basis of Geography of India*, p. 79

field and the glacial ice, aided by gravity, probably cause the movement of glaciers.”¹

हिमानी के प्रवाह पर विचार करते समय कई बातों पर ध्यान दिया जाना आवश्यक है। विभिन्न हिमानियों की प्रवाह गति में भिन्नता पायी जाती है। एक ही हिमानी की अलग-अलग ऋतुओं में अलग-अलग प्रवाह गति होती है। सभी हिमानियाँ जाड़ों की अपेक्षा गर्मियों में अधिक तेज गति से चलती हैं। लम्बी हिमानियाँ छोटी हिमानियों की अपेक्षा तीव्र गति से प्रवाहित होती हैं। हिमानी की गति मध्य भाग और ऊपरी सिरे पर अधिक होती है। नदियों की भाँति हिमानियाँ मार्ग के अवरोधों के अगु रूप नहीं बहती। इसके विपरीत हिमानियाँ मार्ग के अवरोधों को हटाकर अथवा उन्हें पार करके बहती हैं। कनाडा में महाद्वीपीय हिमानियों ने बड़े-बड़े गोलाशमों (Boulders) को सैकड़ों मील बहाकर समुद्रतल से 3000-4000 फुट ऊपर लाकर जमा कर रखे हैं। यद्यपि हिमानियों द्वारा ऐसा कार्य असम्भव प्रतीत होता है किन्तु यह तथ्य है।

कई लेखकों ने हिमानियों को बर्फ की ऐसी नदियाँ माना है जो अपनी घाटियों में बहती हैं। परन्तु वास्तविकता यह है कि हिमानियाँ नदियों से नितान्त ही भिन्न होती हैं। ये द्रव की भाँति नहीं बहती। यदि हिमानियों के सम्बन्ध में बहाव (flow) शब्द का प्रयोग करना ही है तो “It should be thought of as a solid flow whereby the movement is due to orderly molecular re-arrangement and not as liquid flow whereby the molecules move in pell-mell fashion without order.”²

हिमानियों के प्रवाह के सम्बन्ध में यदि हम उपरोक्त बातों को ध्यान में रखें तो प्रतीत होगा कि गुरुत्वाकर्षण ही हिमानी प्रवाह का एकमात्र कारण नहीं है। यदि गुरुत्वाकर्षण ही हिमानी प्रवाह का कारण है तो हिमानियों को ग्रीष्म की अपेक्षा जाड़ों में अधिक तेजी से बहना चाहिए, क्योंकि जाड़ों में हिम का दबाव बहुत अधिक होता है। इसी प्रकार यदि हिमानियाँ नदियों की भाँति बहती हैं तो उन्हें अपने हिम-क्षेत्रों से अलग हो जाना चाहिए और घाटियों में स्वतन्त्र रूप से बहना चाहिए। किन्तु हम देखते हैं कि हिमानियाँ अपने उद्गम से लेकर अन्त तक बर्फ की लगातार एक-सी-परत के रूप में रहती हैं। इस प्रकार हिमानी के प्रवाह की क्रियाविधि को भली प्रकार समझ पाना कठिन लगता है। इसके प्रवाह की क्रियाविधि को जानने के लिए बरनीज ओवरलैण्ड में जुगफ्रा (Jungfrauoch) प्रयोगशाला में सक्रिय परीक्षण हो रहे हैं। हिमानी में प्रवाह सम्भवतः पुनर्हिमायन, अन्तराकणिक परिवर्तन, प्लैस्टिकी-विरूपण और स्तरीय प्रवाह आदि प्रक्रियाओं के मेल-जोल से होता है।

पुनर्हिमायन (Regelation)—पुनर्हिमायन हिम-पिण्ड में दबाव का परिणाम होता है। इसकी वजह से बर्फ का हिमांक बिन्दु स्थानीय रूप से कुछ नीचा हो जाता है जिससे जल के अणु मुक्त हो जाते हैं। जल के ये अणु पुनः ठोस होने के पूर्व न केवल निम्न दबाव वाले स्थान की ओर गतिशील होते हैं वरन् ये स्नेहक परत (lubricating film) का भी निर्माण करते हैं जो हिम-कणों (ice grains) को आगे खिसकने में सहायता करती हैं। इस प्रकार हिमानी के अन्दर क्रमिक गति होती है और यह गति पहाड़ी ढाल की ओर होती है।

अन्तराकणिक परिवर्तन (Intra-granular Translation)—उपरोक्त मत के साथ-साथ कुछ विद्वान हिम की गति का कारण अन्तराकणिक परिवर्तन को मानते हैं। इस मत के अनुसार हिम-कण यान्त्रिक इकाइयों (mechanical units) की भाँति व्यवहार करते हैं और एक दूसरे के

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 268

² P. G. Worcester ; *Text Book of Geomorphology*, p. 269

ऊपर फिसलते हैं। तेज प्रवाहित हिमानी में ठोस पिण्ड के अन्दर अधिक गतिशील अणु होते हैं। इसका कारण या तो हिम-क्षेत्र से नेवे की अधिक प्राप्ति का होना है या ढाल का तीव्र होना है। दोनों ही कारणों से हिम-पिण्ड के कणों में तनाव बढ़ जाता है जिससे उनमें गति उत्पन्न हो जाती है। हिमानी की घाटी संकीर्ण होने पर प्रवाह के बढ़ जाने के पीछे भी यही कारण है।

प्लैस्टिकी विरूपण (Plastic Deformations)—यद्यपि हिम के प्लैस्टिकी विरूपण की विधि के बारे में बहुत कम ज्ञान प्राप्त है, फिर भी हिमानियों के नीचे किये गये अनुसन्धानों से यह जान लिया गया है कि अन्तरा आणुविक और अन्तराकणिक प्रवाह के फलस्वरूप कुछ अवस्थाओं में बर्फ वस्तुतः सुघट्य (plastic) हो जाता है। हिम के सुघट्य हो जाने से वह गतिमान हो जाता है।

स्तरीय प्रवाह (Laminar Flow)—हिम की ठोस प्रकृति और हिम-राशि के ऊपरी दबाव के कारण, ढाल के सहारे हिम में धक्का (thrust) उत्पन्न होता है जिससे वह प्रवाहित होने लगता है। भ्रंशतलों के सहारे हिम का यह विसर्पण अधिक होता है। प्रायः हिमानी के ऊपरी भाग में एक ऐसी परत की रचना होती है जिससे कोई गति नहीं होती, किन्तु इस परत की हिम गहराई में प्रवाहित बर्फ के सहारे आगे बढ़ती है।

बहिर्वेधन प्रवाह (Extrusion Flow)—हिम-प्रवाह की उपरोक्त बतायी गयी प्रत्येक विधि कुछ अंशों में सत्य है जैसा कि जे० के० चार्ल्सबर्थ ने कहा है, "Each of these processes has a grain of truth; it is valid in part and in certain circumstances." स्पष्टतः प्रत्येक विधि में गुरुत्वाकर्षण शक्ति सम्मिलित है, अतः इन सबको गुरुत्वाकर्षण प्रवाह (gravity flow) में सम्मिलित किया जा सकता है।

छोटी हिमानियों की अपेक्षा विशाल महाद्वीपीय हिमानियों के प्रवाह को समझना थोड़ा अधिक कठिन प्रतीत होता है। ये हिमानियाँ विस्तृत निम्न भूमि पर फैली रहती हैं। अतः इनके नीचे के स्थल का ढाल बहुत कम होता है। फिर भी इन हिमानियों में भी प्रवाह पाया जाता है। इनके प्रवाह को स्पष्ट करने के लिए कुछ विद्वानों ने बहिर्वेधन ही एकमात्र कारण माना है। उनके अनुसार इनमें इतनी अधिक मोटी हिम-परतें एकत्र हो गयी हैं कि हिम अपने भार के कारण स्वतः बहिर्वेधन (extrusion) द्वारा प्रवाहित होने लगता है। इनके इस प्रवाह में आधारिय तहों (basal layers) में प्लैस्टिकी विरूपण भी सम्भवतः मदद करती है। बहिर्वेधन प्रवाह उन हिमानियों में सम्भव हो सकता है जो कि हिम-स्तरो (ice-sheets) के किनारों से निकलती हैं जैसा कि ग्रीनलैण्ड में देखा जाता है। गुरुत्वाकर्षण प्रवाह की अपेक्षा बहिर्वेधन प्रवाह अधिक तेज होता है। इनमें अपरदन की शक्ति भी अधिक रहती है। कई स्थानों पर बनी गहरी चट्टानी बेसिनों को बहिर्वेधन प्रवाह द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है।

हिमानियों का अन्त—जब कोई हिमानी हिम-रेखा के नीचे पहुँचती है तो तापमान की वृद्धि से हिम पिघलने और वाष्प में बदलने लगती है। फलस्वरूप हिमानी का स्वरूप नष्ट होने लगता है। हिमानी में हिम पिघलने की क्रिया सीधे सूर्य-ताप द्वारा अथवा समीपवर्ती चट्टानी दीवारों अथवा ठोस मलबे के द्वारा गर्मी के संचालन द्वारा होती है। अतः हिम पिघलने की क्रिया शीतोष्ण कटिबन्ध में ग्रीष्म ऋतु तथा दिन के समय अधिक होती है। उष्ण जल, वर्षा एवं पिघला हुआ जल भी हिम को पिघलाने में सहायता करते हैं। हिम के इस प्रकार पिघलने से हिमानी का अन्त हो जाता है। हिमानी के छोर से प्रायः पिघलता हुआ जल धारा के रूप में बह निकलता है। अनेक बड़ी-बड़ी झीलों एवं नदियों का उद्गम इसी प्रकार होता है। गंगा नदी का जन्म गंगोत्री हिमानी से एवं रोम नदी का जन्म रोम हिमानी से होता है। ध्रुव प्रदेशों में अनेक हिमानियाँ

समुद्रों तक पहुँच जाती है। वहाँ हिमानी से बड़ी-बड़ी हिम-शिलाएँ टूटकर समुद्र में गिरती रहती हैं जो अन्त में घुलकर नष्ट हो जाती हैं।

उष्ण प्रदेशों में अधिकांश छोटी-छोटी हिमानियाँ वाष्पीकरण के द्वारा ही नष्ट हो जाती हैं। जल का सीधे ठोस हिम से वाष्प में बदलना हवाओं की शक्ति, तापमान और वायु की आर्द्रता पर निर्भर करता है। सामान्यतः जाड़े की ऋतु में ऊँचे भागों में यह क्रिया अधिक होती है। ध्रुवीय प्रदेशों में शक्तिशाली हवाएँ धरातल के हिम-कणों को उसी प्रकार उड़ा ले जाती हैं, जिस प्रकार मरुस्थलों में वायु बालू को उड़ा ले जाती है।

यदि हिम के नष्ट होने और उसकी पूर्ति के मध्य सन्तुलन बना हुआ रहता है तो हिमानी का सिरा (margin) एक जगह स्थिर रहेगा। ऐसी दशा में हिमानी स्थिर होगी। किन्तु तापमान की वृद्धि, हिम-विनाश (wastage) के बढ़ने और हिम-प्राप्ति की न्यूनता होने पर हिमानियाँ सिकुड़ जाती हैं।

हिमानियों का पीछे हटना—कई बार हिमानियों के आगे बढ़ने के बजाय उन्हें पीछे हटते हुए देखा जाता है। हिमानियों के पीछे हटने का अर्थ यह नहीं है कि उनका प्रवाह पलट जाता है या हिम पीछे हटने लगती है। इसका तात्पर्य यह है कि अनेकानेक कारणों से कई बार हिमानी उस सीमा तक नहीं पहुँच पाती, जहाँ तक वह पहले पहुँचती थी। दूसरे शब्दों में, हिमानी अपने पूर्व-निर्धारित छोर तक पहुँचने के पूर्व ही विलीन हो जाती है। हिमानी का जित्वा या प्रोथ (snout) अपनी पूर्ववर्ती सीमा को नहीं छू पाता। सामान्यतः ऋतु-परिवर्तन के साथ प्रायः प्रत्येक हिमानी का अग्रभाग थोड़ा आगे-पीछे होता रहता है, किन्तु उसके विस्तार तथा संकोच में विशेष परिवर्तन विशेष स्थितियों में ही होता है। आल्प्स तथा अलास्का प्रदेश की हिमानियों में यह विशेषता देखी जाती है। उदाहरणतः, संयुक्त राज्य के रेनियर पर्वत की निस्कबेली हिमानी की गति बड़ी विचित्र रही है। सन् 1918 तक यह हिमानी धीरे-धीरे आगे बढ़ती गयी, किन्तु सन् 1918 से 1929 के मध्य 11 वर्षों में इसका मुँह सन् 1918 के स्थान से 748 फुट पीछे हट गया अर्थात् प्रतिवर्ष यह 58 फुट ऊपर की ओर खिसकती रही। इस सम्बन्ध में बहुत ही मनोरंजक उदाहरण स्विट्जरलैण्ड में आल्प्स पर्वत की एक हिमानी का मिलता है। यह हिमानी सन् 1855 में पीछे हटने लगी थी। इसके पीछे हटने पर इसकी घाटी में सगरमर की एक खान दिखाई पड़ने लगी। सगरमर की इसी खान के पत्थरों से बर्ननगर के मकान बने थे। इससे स्पष्ट है कि प्राचीनकाल में यह खान हिम के प्रभाव के बाहर थी, किन्तु बाद में यह हिमानी से ढक गयी और सन् 1855 में पुनः प्रकट हो गयी। ससार की कई हिमानियाँ इसी प्रकार आगे-पीछे हटती रहती हैं। पूर्वी अफ्रीका के माउण्ट रूबनजोरी, केनिया आदि चोटियों पर कई छोटी-छोटी हिमानियाँ हैं जो पीछे खिसक रही हैं। सन् 1926 में माउण्ट केनिया पर 14 हिमानियाँ थी, परन्तु सन् 1936 में केवल 10 ही रह गयीं।

हिमानियों के अध्ययन से ज्ञात हुआ कि इनके आगे-पीछे हटने के विशेष काल रहे हैं। सन् 1850 तक प्रायः ससार की सभी हिमानियाँ आगे बढ़ने की प्रवृत्ति दिखाती रही परन्तु सन् 1918 के पश्चात् ये पीछे खिसकती हुई देखी जाती हैं। इससे यह संकेत मिलता है कि हिमानियों के आगे-पीछे हटने के कुछ विशिष्ट युग होते हैं। ऐसा संसार की जलवायु में विशद परिवर्तन होने पर होता है। आजकल ससार की जलवायु अधिकाधिक गरम होती जा रही है जिससे हिम पिघलने और वाष्पीकरण की प्रवृत्ति बढ़ती जा रही है और हिमानियाँ पीछे खिसक रही हैं। पिछले 50 या 75 वर्षों की अवधि में विश्व की अधिकांश हिमानियाँ पीछे हट गयी हैं। अनेक छोटी हिमानियाँ तो अपने मूल हिम-क्षेत्रों में समा गयी हैं। यदि वर्तमान शताब्दी में अवस्थाएँ ऐसी

बनी रहीं तो शीतोष्ण कटिबन्धीय अक्षांशों में स्थित पर्वत की सैकड़ों हिमानियाँ निश्चय ही लुप्त हो जायेगी।¹

हिमानियों के प्रकार

(Types of Glaciers)

हिमानियाँ अपनी स्थिति, आकार एवं रचना की दृष्टि से कई प्रकार की होती हैं। हिमानियों के मुख्य चार भेद किये जा सकते हैं, जो निम्न हैं :

- (1) महाद्वीपीय हिमानियाँ (Continental glaciers),
- (2) हिम टोपियाँ (Ice-caps),
- (3) पर्वत पदीय हिमानियाँ (Piedmont glaciers),
- (4) घाटी हिमानियाँ (Valley glaciers)।

उपरोक्त हिमानियों में महाद्वीपीय एवं घाटी हिमानियाँ ही महत्वपूर्ण होती हैं। ये दोनों प्रकार की हिमानियाँ अपनी स्थिति तथा प्रवाह क्षेत्र की दृष्टि से ही भिन्न नद्वी होती अपितु ये अपने आकार, हिम-प्राप्ति के ढग, भू-रचना की क्रिया और हिम-प्रवाह से उत्पन्न स्थल-रूपों में भी भिन्न होती हैं। इसमें मुख्य अन्तर निम्न प्रकार हैं :

(1) घाटी या पर्वतीय हिमानी घाटी या चट्टान के बेसिन में होकर बहती है, किन्तु महाद्वीपीय हिमानी एक आवरण या ढाल की भाँति गुम्बदाकार रूप से पृथ्वी की प्रकृति को अपने नीचे दबाये रखती है। इनके नीचे घाटियाँ और पर्वत दोनों ही दबे रहते हैं।

(2) पर्वतीय हिमानी द्वारा गड्ढे और गुफाएँ उत्पन्न हो जाती हैं तथा भूमि का ढाल तीव्रतर (steeper) हो जाता है, किन्तु महाद्वीपीय हिमनदी धरातल की ऊँचाई-नीचाई को अपरदित कर चौरस बना देती है।

(3) पर्वतीय हिमनदी का मुख्य स्रोत नेवे या फर्न होता है। इसका आधार पाला है जिससे तुषार में छोटे-छोटे गड्ढे बन जाते हैं और कालान्तर में बढ़ते जाते हैं तथा यही से पर्वतीय हिमानियाँ उत्पन्न होती हैं, जबकि महाद्वीपीय हिमनदी को निम्न मेघों, उतरती हुई धाराओं और बादलों से गिरने वाली तुषार से हिम प्राप्त होता है।

(4) पर्वतीय हिमनदी से प्रवाहित प्रदेशों में नतोदर भू-रचना मिलती है जिसके ऊपरी भाग पर मोड़ तीव्र होता है, जबकि महाद्वीपीय हिमनदी द्वारा उत्पन्न स्थल-रूप उन्नतोदर होते हैं और उनके आकार का मुड़ाव थोड़ा ही होता है।

अस्तु, यह कहा जा सकता है कि पर्वतीय हिमनदी द्वारा भू-रचना में अपरदन (erosional) से उत्पन्न स्थल-रूपों की प्रधानता रहती है; किन्तु महाद्वीपीय हिमनदी द्वारा उत्पन्न भौतिक रूपरेखा में निक्षेपात्मक (depositional) स्थल-रूपों की प्रधानता रहती है।

(1) महाद्वीपीय हिमनदियाँ (Continental Glaciers)—ऐसी हिमनदियाँ जो अपने हिमावरण द्वारा सम्पूर्ण महाद्वीप अथवा महाद्वीप के अधिकांश भाग को ढक लेती हैं, उन्हें महाद्वीपीय हिमानियाँ कहा जाता है। ये हिमानियाँ अपने आकार-प्रकार और मोटाई में सबसे विशाल होती हैं। ऐसी हिमानियाँ पर्वत, पठार एवं मैदान किसी भी प्रकार की स्थलाकृति पर बन सकती हैं। इन हिमानियों के केन्द्र से बाहर की ओर सभी दशाओं में हिम धीरे-धीरे आगे बढ़ता रहता है। आजकल ऐसी हिमानियाँ केवल ग्रीनलैण्ड और अण्टार्कटिका में पायी जाती हैं। अधिनूतन हिम-युग में उत्तरी अमरीका, यूरोप एवं एशिया का बड़ा भाग इन हिमानियों ने घेर रखा था। उत्तरी अमरीका के उत्तरी मध्य-भाग का लगभग 35,00,000 वर्गमील क्षेत्र लेब्रेडोर तथा किवाटिन

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 278

(Keewatin) हिम-चादरों से ढका हुआ था।¹ लेब्रेडोर हिमानी की मोटाई कम से कम 10,000 फुट थी। यूरोप में बाल्टिक हिमानी की मोटाई भी लेब्रेडोर हिमानी के बराबर ही रही होगी। यद्यपि अभी निश्चित आँकड़े अप्राप्त हैं किन्तु ऐसी धारणा है कि वर्तमान ग्रीनलैण्ड और अण्टार्क्टिका हिमानियों की मोटाई अधिनूतन कल्प की लेब्रेडोर हिमानी की मोटाई से आधी होगी।²

अधिनूतन हिम-युग में पृथ्वी का लगभग $\frac{1}{3}$ भाग हिम से आवृत था। किन्तु वर्तमान समय में पृथ्वी के कुल क्षेत्र का $\frac{1}{10}$ भाग ही हिम से ढका हुआ है। इसमें से 50,00,000 वर्ग मील क्षेत्र दक्षिणी ध्रुव प्रदेश और 30,00,000 वर्ग मील क्षेत्र उत्तरी ध्रुव प्रदेश में स्थित है।³

दक्षिणी ध्रुव महाद्वीप के चारों ओर 200 से 700 मील तक हिमानी का विस्तार है। इसकी मोटाई 4,000 फुट से 10,000 फुट तक पायी जाती है। कई स्थानों पर इस हिमानी की सतह से हिमावृत्त शैल (Nunataks) ऊपर निकले हुए देखे जाते हैं। यह हिमानी कई स्थानों पर समुद्र-तल से उतर गयी है। रूस सागर (Ross Sea) का दक्षिणी छोर तो हिम-भृगु (Ice-cliff) से ही बना हुआ है। वस्तुतः यहाँ अण्टार्क्टिका हिम-चादर स्थल के बाहर समुद्र में आगे निकली हुई है और उसके अन्तिम छोर को इंगित करती है।

उत्तरी ध्रुव प्रदेश में ग्रीनलैण्ड हिमानी बहुत ही विशाल है। इसने ग्रीनलैण्ड के $\frac{2}{3}$ भाग को घेर रखा है। तटवर्ती भागों को छोड़कर सम्पूर्ण द्वीप हिम से ढका है। यहाँ हिम के नीचे विशाल पठार हैं जो मध्य की ओर क्रमशः ऊँचा होता जाता है। यहाँ हिम की मोटाई 2,000 से 7,000 फुट तक आँकी गयी है।⁴ इस विशाल हिमानी की हिम क्रमशः बाहर की ओर खिसक रही है। किनारों के निकट यह हिमानी हिम-विदारों से पूर्ण है। कई स्थानों पर पर्वत-शिखर हिम से बाहर निकले हुए दिखाई देते हैं। इस विशाल हिम-चादर के किनारों से अनेक घाटी हिमानियों का भी जन्म होता है। कई घाटी हिमानियाँ समुद्र में प्रवेश कर जाती हैं जहाँ उनके सिरे टूटकर प्लावी हिम-शैल (Ice bergs) के रूप में समुद्र में तैरते रहते हैं। यहाँ की कई घाटी हिमानियाँ आल्प्स एवं अलास्का की घाटी हिमानियों से भी बड़ी हैं।

महाद्वीपीय हिमानियों का स्थलाकृति पर प्रभाव (Effect of Continental Glaciers on Topography)—महाद्वीपीय हिमानियाँ अपने नीचे दबे हुए स्थल पर विशाल परिवर्तन कर देती हैं। ये अपने अपरदन और निक्षेपण-कार्यों द्वारा समूचे प्रभावित स्थल पर विशाल परिवर्तन कर बदलकर नवीन स्थलाकृतियों को जन्म दे देती हैं। महाद्वीपीय हिमानियों द्वारा किये गये इन परिवर्तनों का स्पष्ट अवलोकन उत्तरी अमरीका में किया जा सकता है। अधिनूतन हिम-युग में उत्तरी अमरीका का उत्तरी भाग पूर्णतः हिम से ढका हुआ था। दक्षिण की ओर न्यूयार्क तथा उत्तरी अमरीका का उत्तरी भाग पूर्णतः हिम से ढका हुआ था। दक्षिण की ओर न्यूयार्क, उत्तरी पेनसिलवेनिया, न्यू इंग्लैण्ड और माउण्ट वाशिंगटन तक इस हिमावरण का प्रभाव था। इस भू-प्रदेश के हिमावरण के पूर्व की स्थलाकृति उन परिवर्तनों को समझने में बड़ी सहायक होगी जो कि हिमावरण के प्रभाव से अब उत्पन्न हो गये हैं।

हिमनदन का पर्वतीय भागों पर प्रभाव—महाद्वीपीय हिमनदन का पर्वतीय स्थलाकृति पर क्या प्रभाव पड़ता है यह न्यू हेम्पशायर के श्वेत पर्वत एवं वरमोण्ट के ग्रीन पर्वत द्वारा स्पष्ट

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 262

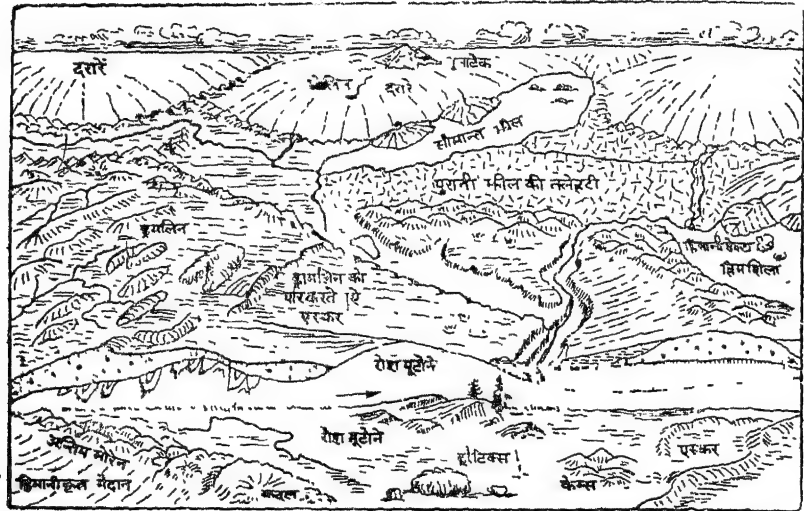
² *Ibid.*

³ अलैक्जेंडर मारशैक : *पृथ्वी और अन्तरिक्ष*, पृ० 67-68

⁴ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 333

विदित होता है। हिमनदन के पूर्व यह प्रदेश पूर्ण प्रौढावस्था में था। इसकी ऊँचाई 6,000 फुट से कहीं भी कम नहीं थी। इस प्रदेश में बहुत ही विकसित अपवाह तन्त्र था।

महाद्वीपीय हिमालों ने इस प्रदेश के पर्वत-शिखरों, नुकीली चोटियों, संकीर्ण पर्वत-श्रेणियों और पर्वत-प्रक्षेपों को घिस डाला। ऊबड़-खाबड़ पर्वतों एवं पहाड़ियों को घिसकर सुडौल एवं चिकना बना दिया। पहाड़ी ढालों की चट्टानों को साफ, चिकनी और चमकदार बना दिया।



चित्र 255—हिमानी द्वारा निर्मित भू-आकार

हिमावरण के पूर्व की कुछ घाटियों को गहरा कर दिया और उनके किनारों को घिसकर सपाट बना दिया। कई घाटियाँ अपोढ़ से भर गयी हैं जिससे हिमावरण के पूर्व की नदियों के मार्ग बदल गये। हिम द्वारा विभिन्न दूरियों से लाये गये हजारों विशाल गोलाश्म और दूरस्थित शिलाखण्ड पहाड़ी ढालों और घाटी तलों पर बिना किसी क्रम के बिखरे हुए मिलते हैं। सर्वत्र तलस्थल हिमोढ़ों की भरमार देखी जाती है। कहीं-कहीं पाषर्ष्ववर्ती हिमोढ़ भी मिलते हैं। ककतगिरि (Kames), हिमनद मृदकटक (Eskers), हिमनदोढ़गिरि (Drumlins) और अवक्षेप मैदान (Outwash plains) आदि रूप यत्र-तत्र देखे जा सकते हैं।

यद्यपि स्थलाकृति पर महाद्वीपीय हिमनदन के कुल प्रभाव के सम्बन्ध में भिन्न मत है, किन्तु यह तो निश्चित ही है कि हिमानी निक्षेप के कारण अनेक निम्न भू-प्रदेश (low lands) अत्यधिक ऊबड़-खाबड़ और असमिति बन गये जबकि कई स्थानों पर पर्वतीय ढाल अपरदन अथवा अपोढ के निक्षेपण द्वारा साफ चिकने हो गये। इस प्रदेश के पर्वतों का पार्श्वरूप (profiles) पश्चिमी-उत्तरी अमरीका के अल्पाइन हिमनदित प्रदेश के पर्वतों से नितान्त ही भिन्न है। यहाँ के पर्वत अपेक्षाकृत नीचे, मन्द ढालयुक्त और चिकने तल वाले हैं।

ऐसा अनुमान है कि महाद्वीपीय हिमनधियों द्वारा न्यू इंग्लैण्ड क्षेत्र में अपोड (drift) का जो निक्षेपण हुआ उसकी औसत मोटाई 12 से 15 फुट तक है। घाटियों में यह मोटाई और भी अधिक है। सामान्यतः उच्च भू-प्रदेशों की अपेक्षा निम्न भू-प्रदेशों में अपोड का निक्षेपण अधिक मोटा पाया जाता है। इस हिमनदन के कारण एक प्रकार से समूचे प्रदेश का पुनर्युवन (rejuvenated) हो गया। इस प्रदेश में स्थित वर्तमान झीले, दलदल एवं युवावस्था की नदियाँ जो कि

हिमानी मलवे अथवा हिमनदित धरातल को काटकर बह रही है, निश्चय ही हिमावरण पूर्व की प्रौढ़ एवं जीर्ण स्थलाकृति के ऊपर अधारोपित (super-imposed) हुई है।¹

हिमनदन का पठारी भागों पर प्रभाव—उत्तरी अमरीका में क्यूबेक का पठार (लारेशियन पठार) हिमनदन द्वारा परिवर्तित स्थलाकृति का अनुपम उदाहरण है। इस पठारी भाग के 5,00,000 वर्गमील से ऊपर का धरातल सर्वत्र एक जैसा है। हिमावरण के पूर्व इस पठार का ऊपरी तल एक समतलप्रायः मैदान के रूप में विद्यमान था। उस समतलप्राय मैदान पर यत्र-तत्र मौनैडनाँक फैले हुए थे। इस पठार के नीचे अधिकांशतः पूर्व कैम्ब्रियन युग की ग्रेनाइट और कायान्तरित शैले बिछी हैं। हिमावरण के पूर्व ये शैले अवशिष्ट मृत्तिका (residual soil) की मोटी परत से ढकी हुई थी। लेब्रेडोर हिमानी ने इस मिट्टी की परत को हटाकर सभी दिशाओं में दूर-दूर तक फैला दिया। बड़ी झीलों से लगे हुए राज्यो एवं न्यू इंग्लैण्ड राज्य में इसका अत्यधिक निक्षेप हुआ। पठार के ऊपर से मिट्टी को हटाने के उपरान्त बर्फ ने इसके तल से सन्धियुक्त शैलों को उखाड़कर बड़े-बड़े गोलाशमों को अपने मूल स्थान से काफी दूर तक परिवहित कर दिया। क्यूबेक से उखाड़े गये दृश्यत गोलाशम आज न्यू इंग्लैण्ड के पहाड़ी ढालों पर बिखरे हुए देखे जा सकते हैं। जहाँ कहीं पठार पर बहुत अधिक खुदाई (quarrying) हुई अथवा जहाँ मिट्टी बहुत गहरी थी वहाँ पठार के तल पर गर्त (depressions) बन गये। इन गर्तों में आज झीले एवं दलदल बने हुए हैं, जो पश्चिमी कनाडा के मैदान की तलस्थ हिमोड की झीलो एवं दलदलो से एकदम भिन्न हैं। यद्यपि इस पठारी भाग में हिमोड-निर्मित झीले भी पायी जाती हैं, परन्तु यहाँ शिलागर्त झीलो की अधिकता है। वस्तुतः इस पठारी भाग से पूर्व हिमानियों ने मिट्टी को इतना अधिक हटा दिया था कि जब अन्तिम हिमानी पिघलने लगी तो उसके साथ हिमोड की रचना के लिए बहुत कम अपोड थी। फलस्वरूप इस पठार का वर्तमान धरातल अत्यधिक घिसी हुई चट्टानों से बना हुआ है। कहीं कहीं हिमावरण के बाद की मृत्तिका की पतली परत, हिमानी झीलो द्वारा छोड़ी हुई चीका और हिमानी अपोड के पतले स्तर देखने को मिलते हैं। दक्षिणी-पूर्वी क्यूबेक में अपोड का निक्षेप काफी मोटा देखा जाता है। यहाँ अवक्षेप मैदान ककतगिरि एवं हिमोड के मिश्रित निक्षेप हैं।

समुद्र-तल से पठार की वर्तमान ऊँचाई 800 से 2,000 फुट है। पठार के सिरे पर भूमि सामान्यतः नीची है। कदाचित् ही उसकी ऊँचाई कहीं 300 फुट से अधिक देखी जाती हो। कुछ स्थानों पर स्थलाकृति बहुत ही असमि (irregular) और ऊबड़-खाबड़ है। जहाँ कहीं चौड़ा चपटा धरातल है वह हिमावरण पूर्व की प्रौढ़ एवं जीर्ण स्थलाकृति का द्योतक है। इसके विपरीत पठार पर पायी जाने वाली अगणित झीले और प्रवाहित धाराएँ एवं स्थानीय रूप से पायी जाने वाली ऊँची-नीची भूमि सब अधारोपित भू-आकृतियाँ हैं जो युवावस्था की स्थलाकृति के विकास को प्रकट करती हैं।²

हिमनदन का मैदानी भागों पर प्रभाव—अधिनूतन महाद्वीपीय हिमानियों ने उत्तरी अमरीका के भीतरी मैदानों का लगभग 15,00,000 वर्गमील क्षेत्र घेरे रखा था। इस निम्न मैदानी प्रदेश पर बढती हुई हिमानियों ने कोमल चट्टानी क्षेत्रों में विशाल द्रोणिकाओं (basins) की रचना कर दी। जो नदियाँ हिमानियों के प्रवाह की दिशा में बह रही थी उनकी घाटियों को चौड़ा बना दिया। नीची पहाड़ियों और कटक को नष्ट कर दिया और अधिक कठोर चट्टानों को

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 303

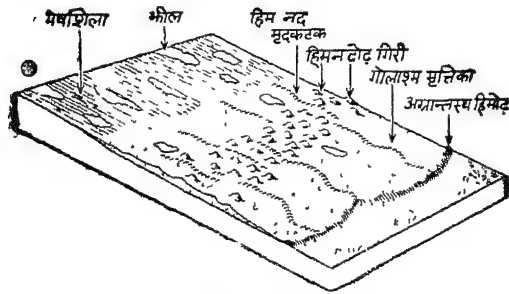
² *Ibid.* : p. 304

साफ घिस डाला। सामान्यतः हिम के अपरदन कार्य को हिम पिघलने पर बनी अपोढ़ के निक्षेपण ने ढक दिया है किन्तु हिमानियों द्वारा परिवहित एव निक्षेपित अपोढ़ की मात्रा ही उसके अपरदन कार्य को प्रकट करती है। संयुक्त राज्य अमरीका एव कनाडा की झीले (Great Lakes) मैदानी भाग पर हिम के अपरदन कार्य का उत्कृष्ट उदाहरण है। समस्त हिमनदित क्षेत्र में बिखरी हुई सैकड़ों अन्य छोटी-छोटी झीले भी पूर्ण अथवा आंशिक रूप में हिम की अपरदन शक्ति को ही इंगित करती हैं। फिर भी मैदानी भाग पर पायी जाने वाली हिम अपरदित झीलों की संख्या हिमानी अपोढ़ के निक्षेपण द्वारा बनी झीलों की तुलना में बहुत ही कम है।

अपोढ़ क्षेत्रों की स्थलाकृति (Topography of Drift Areas)

महाद्वीपीय हिमानियों द्वारा निक्षेपित अपोढ़ के कारण प्रत्यक्ष और अप्रत्यक्ष रूप से विभिन्न प्रकार के भू-आकारों का जन्म होता है। इनमें से कई भू-आकार अल्पाइन हिमानियों के निक्षेपण से बने भू-आकारों के सदृश ही हैं परन्तु वे अधिक बड़े पैमाने पर पाये जाते हैं।

उत्तरी अमरीका के मध्यवर्ती एव उत्तरी भाग के ऊपर महाद्वीपीय हिमानियाँ चार बार आगे बढ़ी और पीछे हटी। इस तरह यूरोप में चार विशिष्ट हिम युग माने गये हैं। इन हिम-युगों में अन्तिम हिमावरण द्वारा निक्षेपित अपोढ़ को इतना कम समय हुआ है कि अनेक स्थानों



पर उसके द्वारा धरातल पर बहुत कम परिवर्तन हुए हैं। फिर भी जहाँ कहीं अपोढ़ का थोड़ा-बहुत निक्षेपण हुआ है वहाँ अल्प अपवाह (pool drainage), युवा घाटियाँ, कम ऊँचे टीले, हिमोढ़ की मोटी पट्टियाँ, हिमनदोद-गिरियाँ, अस-मित कंकनगिरियाँ, हिमनद मृदकटक, केटली झीलों और टेकरियाँ (Kettles and Hummocks) तथा हजारों अन्य झीले

चित्र 256—हिमनदित क्षेत्र

एव दलदल पाये जाते हैं। पूर्व हिमानियों द्वारा निर्मित अपोढ़ के वे क्षेत्र जिन पर बाद के हिमावरण और उसकी अपोढ़ का कोई प्रभाव नहीं हुआ, उनका गहरा अपक्षय हुआ है। इन क्षेत्रों की स्थलाकृति बाद के अपोढ़ क्षेत्रों की स्थलाकृति से सर्वथा भिन्न है।

हिमानियों द्वारा निक्षेपित अपोढ़ की मोटाई विभिन्न स्थानों पर भिन्न है। यह भिन्नता कुछ तो पूर्व-हिमकालीन घाटियों के भरने से और कुछ हिमानी के विभिन्न भागों में विभिन्न मात्रा में मलवे के परिवहित किये जाने से पायी जाती है। कुछ स्थानों पर अपोढ़ की मोटाई 1,000 फुट तक देखी जाती है परन्तु अधिकांश भागों में इसकी मोटाई 300 फुट है। यदि हिमावरण के पूर्व की स्थलाकृति का ध्यान में न रखें तो वर्तमान धरातल की रूपरेखा हिमोढ़ के निक्षेप की मोटाई द्वारा ही निश्चित होती है। किन्तु सामान्यतः हिमावरण के पूर्व के उच्च प्रदेशों की तुलना में हिमावरण के पूर्व के निम्न प्रदेशों पर ही अपोढ़ का अधिक निक्षेपण हुआ है। इस प्रकार कुछ अवस्थाओं में अपोढ़ के निक्षेपण में वर्तमान भूमि हिमावरण के प्रथम कल्प के पूर्व की अपेक्षा अधिक नम (uniform) बन गयी है।

(2) हिम-टोपियाँ (Ice Caps)—हिम-टोपियों से तात्पर्य एक बड़े हिमावरण से है। किन्तु इस सम्बन्ध में विभिन्न लेखकों के भिन्न मत हैं। कुछ लेखकों के अनुसार महाद्वीपीय हिमानियाँ ही हिम-टोपियाँ हैं, जबकि कुछ लेखक इस मत से सहमत नहीं हैं। वोरसेस्टर ने ऐसे पर्वत प्रदेश को,

जो हिमाच्छादित होता है और जिससे कई घाटी हिमानियाँ निकलकर विभिन्न दिशाओं में बहती हैं, हिम-टोपियाँ कहा है। हिमावरण के ऐसे क्षेत्र में कई जगह पर्वत-शिखर निकले हुए दिखाई पड़ते हैं। ये क्षेत्र हिम के विशाल चौड़े चपटे प्रदेश होते हैं जो बहुत ही मन्द गति से आगे बढ़ते हैं। इनका केन्द्र तो लगभग स्थिर-सा रहता है। चूँकि हिम टोपी से हिम का बढ़ना बहुत मन्द गति से होता है इसलिए उसकी सतह पर 'हिम विदर' (crevasses) की रचना बहुत कम होती है। जिस प्रकार घाटी हिमानियों में चट्टानी मलवे (Rock debris) की प्रचुरता देखी जाती है, वह हिम-टोपियों पर बहुत कम देखी जाती है। हिम-टोपियों पर जो कुछ भी मलवा एकत्रित होता है वह हिम के नीचे दबा रहता है।

हिम-टोपियों के द्वारा भी भूमि का अपरदन होता है जिससे कई स्थानों पर हिम-अपरदित मैदान (Ice-scoured plain) बन जाते हैं। फिनलैण्ड, नॉर्वे, स्वीडन एवं कनाडा में ऐसे मैदान देखे जाते हैं। जहाँ हिम-टोपी द्वारा निक्षेप हुआ है वहाँ भी चौरस मैदान पाये जाते हैं।

हिम-टोपियों के समुचित ज्ञान के लिए सन् 1891 में सेण्ट एलियास पर्वत के अभियान के समय रसल द्वारा किया गया हिम-टोपियों के विवरण का अद्य यहाँ देना बहुत उपयुक्त होगा। उसने निम्न शब्दों में वर्णन किया है :¹

“What met my astonished gaze was a vast snow-covered region, limitless in expanse, through which hundreds and perhaps thousands of barren angular mountain peaks projected. There was not a stream, not a lake, and not a vestige of vegetation of any kind in sight. A more desolate or more utterly lifeless land one never beheld. Vast, smooth snow surfaces, without crevasses, stretched away to limitless distance, broken by jagged and angular mountain peaks.”

(3) **पर्वतपदीय हिमानियाँ (Piedmont Glaciers)**—पर्वतपदीय हिमानियों का तात्पर्य पर्वतों के पदों में पायी जाने वाली हिमानियों से है। जो कोई घाटी हिमानी पर्वत-खण्डों से बहने के उपरान्त पर्वत के आगे की कम ढालू मैदानी भूमि पर फैल जाती है तो वह पर्वतपदीय हिमानी बन जाती है। किसी अग्रभूमि प्रदेश पर अनेक घाटी हिमानियों के मिल जाने से भी इनकी रचना हो जाती है। बनावट की दृष्टि से ये हिमानियाँ घाटी-हिमानी और हिम-चादर के बीच की होती हैं। ऐसी पर्वतपदीय हिमानियाँ अलास्का में अधिक मिलती हैं। सम्भवतः माला-स्पोना हिमानी यहाँ की सबसे बड़ी पर्वतपदीय हिमानी है जो 1,500 वर्गमील भूमि पर फैली हुई है। आयरलैण्ड की बेटनाजोकुल, अण्टार्कटिका में दक्षिणी विक्टोरिया की वटरपोइण्ट व विलसनपोइण्ट, अलास्का की बेरिंग हिमानी तथा ग्रीनलैण्ड के पश्चिमी किनारे की फ्रेड्रिकशाव हिमानी अन्य प्रसिद्ध पर्वतपदीय हिमानियाँ हैं। अलास्का में कई हिमानियाँ इतनी मोटी और इतनी अधिक फैली हुई हैं कि वे गतिहीन-सी लगती हैं। इनके हिमोढ़ पर वृक्ष उगे हुए पाये जाते हैं।

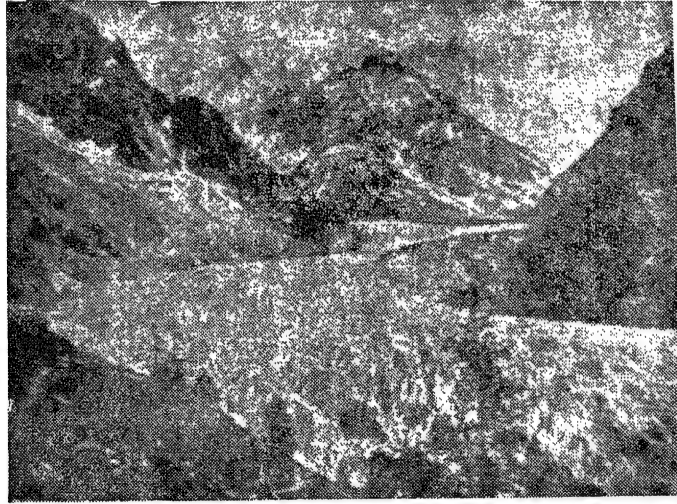
वर्तमान समय में पर्वतपदीय हिमानियों की रचना असामान्य बात हो गयी है, क्योंकि शीतोष्ण कटिबन्धीय पर्वत-श्रेणियों की कई घाटी हिमानियाँ सिकुड़कर पीछे हट गयी हैं। चतुर्थ कल्प के हिम-युग में निश्चय ही ये हिमानियाँ काफी फैली हुई रही होंगी। सम्भवतः बवेरियन अग्रभूमि, पिरेनीज के निकट लेनीमिजान और इटली में लम्बार्डी का मैदान, किसी समय पर्वतपदीय हिमानियों से घिरे हुए थे।

(4) **घाटी हिमानियाँ (Valley Glaciers)**—ऊँचे पर्वतीय क्षेत्रों में जब हिमराशि की मात्रा बहुत अधिक बढ़ जाती है तो ऊपर के भार, ढाल तथा गुरुत्वाकर्षण शक्ति के कारण यह

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 282

हिम चलने लगता है। इसी चलती हुई हिमधारा को पर्वतीय या घाटी हिमनदी या हिमानो कहते हैं। इनको अल्पाइन हिमनदी (Alpine Glacier) भी कहते हैं। ये पर्वतीय घाटियों में होकर जीभ की भाँति आगे बढ़ती हैं। ये हिमनदियाँ 'नेवे' के नीचे उतरने से बनती हैं और ज्यों-ज्यों ये बढ़ती हैं तुषारपात द्वारा इनका विस्तार बढ़ता जाता है। हिम अवधाव (avalanches) और वायु द्वारा उड़ाकर लायी हुई बर्फ भी इनकी मात्रा को बढ़ाती रहती है। घाटी की बनावट और आकृति के अनुसार इसका रूप व आकार बदलता रहता है। पर्वतीय हिमनदियाँ साधारणतः अधिक विस्तृत नहीं होतीं। इनका विस्तार 2-3 मील से अधिक नहीं होता किन्तु कुछ पर्वतीय हिमनदियाँ बड़ी विस्तृत होती हैं। साधारणतः ध्रुवीय प्रदेशों की हिमनदियाँ छोटी होती हैं। आल्प्स पर्वत की हिमनदियाँ अधिकांशतः 2 मील से कम लम्बी हैं परन्तु कुछ तो 3 से 5 मील तक लम्बी पायी जाती हैं। आल्प्स की एलेच हिमनदी (Aletsch glacier) लगभग 10 मील लम्बी है और यह यूरोप की सबसे बड़ी हिमनदी मानी जाती है। आल्प्स की अधिकांश हिमनदियाँ 800 से 1,200 फुट मोटी हैं।

पिरेनीज, कारपेथियन और नॉर्वे की ऊँची चोटियों पर भी हिमनदियों की अधिकता है। कॉकेशस, हिमालय, कराकोरम, पामीर तथा एशिया के अन्य पर्वत शिखरों पर भी पर्वतीय हिमनदियाँ पायी जाती हैं। यहाँ की हिमनदियाँ 20 से 40 मील लम्बी और 3,000 फुट मोटी होती



चित्र 257—आल्प्स की मेर डी ग्लेस हिमानो

हैं। पामीर पठार पर संसार भर में सबसे बड़ी हिमनदी फेडचेचो (Fedchecho) 44 मील से भी अधिक लम्बी है। हिमालय पर्वत की कुछ हिमनदियाँ तो 2-3 मील ही लम्बी हैं किन्तु कुछ बहुत ही बड़ी हैं, जैसा कि नीचे की तालिका से स्पष्ट होगा।

हिमालय की हिमानियों की लम्बाई¹

(अ) सिक्किम हिमालय

- | | |
|--------------|--------|
| 1. जम्मू | 16 मील |
| 2. किचिनजंगा | 10 मील |

¹ D. N. Wadia : *Geology of India*, p. 16

(ब) कश्मीर हिमालय

1. रूनडून	12 मील
2. रीयों	25 मील

(स) कुमायूँ हिमालय

1. मीलम	12 मील
2. केदारनाथ	9 मील
3. गगोत्री	16 मील

(द) कराकोरम हिमालय

1. बियाफो	39 मील
2. बालतोरो	36 मील
3. सियाचेन	45 मील
4. बाटूरा	36 मील
5. हिस्पर	38 मील
6. गासिर ब्रूम	24 मील
7. चोगोलुग्मा	24 मील

संयुक्त राज्य अमरीका और मेक्सिको में हिमनदियाँ केवल ऊँचे ज्वालामुखी पर्वतों की चोटियों पर ही मिलती हैं—यथा वाशिंगटन में 'रेनियर' (Rainier), बेकर (Baker), ग्लेशियर पीक (Glacier Peak), ओरगन में हूड (Hood), केलीफोर्निया में शस्ता (Shasta) और मेक्सिको में पोपोकैटापेटल और इक्स्टाकहुटल (Ixtacahutal) हैं। ब्रिटिश कोलम्बिया में साधारण लम्बाई की कई हिमनदियाँ मिलती हैं। अलास्का में विश्व की सबसे बड़ी हिमनदी हुबार्ड (Hubbard) है जो 80 मील लम्बी है।

एण्डीज पर्वत, अफ्रीका और न्यूजीलैण्ड की पहाड़ियों की घाटियों में भी पर्वतीय हिमनदियाँ बहती हैं।

पर्वतीय हिमानियों की मुख्य विशेषताएँ निम्न हैं।

(1) ये घाटियों में बहती हैं। ये घाटियाँ हिमानियों के पूर्व की जलधाराओं द्वारा बनायी गयी हैं।

(2) घाटियों की हिमानियों का विस्तार भी भिन्न-भिन्न होता है। यह विस्तार कई बातों पर निर्भर करता है—जैसे हिमक्षेत्र में प्राप्त होने वाली हिम, वायु के तापमान और सूर्य की गर्मी आदि।

(3) इन हिमानियों में बर्फ की मोटाई सबसे अधिक मध्य में होती है, जहाँ घाटी की गहराई भी अधिक होती है। किनारों पर हिमानियाँ बहुत छोटी और पतली होती हैं।

(4) पर्वतीय हिमनदी पहाड़ों से उतरकर घाटियों में ही रुक जाती है। घाटी में ये कई मील नीचे आ जाती है, किन्तु सभी क्षेत्रों में इनके उतरने की सीमा एकसी नहीं है। सिक्किम की हिमनदियाँ कभी 13,000 फुट से नीचे नहीं उतरती किन्तु कश्मीर की हिमनदियाँ तो 8,000 फुट और कुमायूँ की 12,000 फुट नीचे उतरकर ही पिघलना आरम्भ कर देती हैं। कई क्षेत्रों में हिमनदियों द्वारा संचित मोरेन 7,000 फुट की ऊँचाई पर भी देखने को मिलता है। एण्डीज पर्वतों पर हिमनदियाँ 9,000 फुट, आल्प्स में 5,000 फुट, नॉर्वे में 12,000 फुट, न्यूजीलैण्ड में 650 फुट और दक्षिणी अलास्का में तो समुद्र-तल पर ही उतरकर पिघलने लग जाती हैं।¹

1. L. D. Stamp : *Physical Geography and Geology*, p. 304

जब किसी देश की हिमनदी बहते-बहते समुद्र तक पहुँच जाती है तो समुद्र की लहरों से टूटकर उसके कुछ भाग समुद्र में तैरने लगते हैं। इस प्रकार तैरते हुए हिम के बड़े-बड़े टुकड़ों को हिम-शैल (Ice-berg) कहते हैं। हिमनदी से टूटा हुआ हिम-शैल आकार में टेढ़ा-मेढ़ा होता है किन्तु हिम आवरण के कटने से उत्पन्न हिम-शैल चतुर्भुजाकार होता है और उसका ऊपरी भाग सपाट, मेज के तख्ते के समान होता है। इस प्रकार के हिम-शैल मुख्यतः अण्टार्कटिका प्रदेश में मिलते हैं। इन हिम-शैलों का प्रधान स्रोत ग्रीनलैण्ड और अण्टार्कटिका के हिम आवरण ही है। ग्रीनलैण्ड की ओर से आने वाले हिम-शैल हिमनदियों से छूटकर आते हैं और लैब्रेडोर की ठण्डी धारा इनको न्यूफाउण्डलैण्ड तक बहा लाती है। ये हिम-शैल सैकड़ों गज लम्बे होते हैं और जल की सतह से दो-तीन सौ फुट ऊपर तक उठे रहते हैं। इनका यह विस्तार सदैव एकसा नहीं रहता। बहते-बहते कुछ भाग पिघल जाता है, कुछ लहरों द्वारा कटकर अलग हो जाता है और कुछ अश्व अपक्षय की शक्तियों द्वारा नष्ट कर दिया जाता है।

पर्वतीय हिमनदियों के प्रकार

रूप व आकार के आधार पर पर्वतीय हिमनदियों को निम्न प्रकार का कहा जा सकता है :

(1) चट्टान खण्ड हिमनदी (Cliff or Cornice Glacier)—पर्वतीय घाटियों में बहने वाली हिमनदी का रूप स्थल-रूप के अनुसार बनता है। विविध प्रकार के शिलाखण्डों व पर्वत-श्रेणियों पर बहने वाली हिमनदियाँ कभी तो वृत्ताकार होती हैं और कभी अर्द्ध-चन्द्राकार। कभी-कभी इनका स्वरूप सीधी रेखा के समान सीधा और कभी अनियमित और अव्यवस्थित होता है।

(2) प्रपात पूर्ण हिमनदी (Cascade Glacier)—जब घाटी में बहती हुई हिमनदी चट्टान के ऊपर या किसी शिलाखण्ड पर आकर इस प्रकार रुक जाती है कि उसकी जमी हुई बर्फ एक प्रपात के रूप में स्खलित हो जाती है तो उसे प्रपातपूर्ण हिमनदी कहते हैं। इस प्रकार की हिमनदियाँ उन प्रदेशों में अधिक पायी जाती हैं जहाँ ऋतु प्रहार के कारण कुछ घाटियाँ कम गहरी और कुछ अधिक गहरी होती हैं। परिणामस्वरूप पर्वत के बीच से काटी हुई घाटी के दाये और बाये किनारों पर स्थित शिलाखण्डों पर बहकर जब हिमनदी घाटी के समीप पहुँचती है तो उसकी हिम प्रपात के रूप में गिरने लगती है।

(3) फिर से बनी हुई हिमनदी (Recemented or Reconstructed Glacier)—जब कोई हिमनदी पर्वतीय प्रदेश में बहते-बहते किसी चट्टान खण्ड पर पहुँचती है और वही समाप्त हो जाती है तो उसमें से बड़े-बड़े हिम-खण्ड टूटकर नीचे गिरकर बिखर जाते हैं और वहाँ पुनः एकत्रित होकर या मिलकर एक नयी हिमानी बना लेते हैं। इस प्रकार से बनी हिमानी को दुबारा या फिर से बनी हुई हिमानी कहते हैं।

(4) गर्त हिमनदी (Trough Glacier)—कुछ हिमनदियाँ पूर्णतः विकसित होकर हिम आवरण का रूप नहीं ग्रहण कर पाती, वरन् वे बहती हुई निचले सपाट जल-विभाजक तक पहुँच जाती हैं। जल-विभाजक के सिरे पर पहुँचने पर विपरीत दिशा में एक दूसरी हिमनदी बहने लगती है। इस प्रकार की सिरों वाली हिमनदी को गर्त हिमनदी कहते हैं। यह एक सिरे से दूसरे सिरे तक बराबर बहती रहती है।

(5) चट्टानी हिमनदी (Rock Glacier)—यदि किसी प्रवाहित हिमनदी की सतह पर नुकीले चट्टान के टुकड़े पड़े हों तो ऐसी हिमानी को चट्टानी हिमनदी कहते हैं। इस प्रकार की हिमनदियाँ अलास्का में बहुत पायी जाती हैं।

विस्तार के आधार पर पर्वतीय हिमनदियों को निम्न प्रकारों में विभाजित किया जाता है :

(1) वृक्ष रूप हिमनदी (Dendritic Glacier)—इस प्रकार की हिमनदी में मुख्य प्रवाह

तो बहुत विस्तृत नहीं होता, किन्तु इसके इधर-उधर घाटी के दोनों किनारों से सहायक हिमनदियाँ आकर मिलती रहती हैं, जिससे ऐसा ज्ञात होता है कि हिमनदी की मुख्य घाटी तो पेड़ का तना है और उसके दोनों किनारों में टटकती हुई हिमनदी की शाखाएँ हैं। उच्च अक्षांशों में वृक्ष-सम हिम नदी कटे-फटे तटों पर से होकर जब समुद्र-तल पर बह आती है तो उस पर जल की धाराओं के आघात होने लगते हैं। अतः इस प्रकार की हिमनदी को ज्वार-भाटा हिमनदी (Tidal Glacier) कहते हैं। परन्तु यह वास्तव में वृक्ष-सम हिमनदी का ही एक रूप है।

वृक्ष-रूप हिमनदी की प्रथम अवस्था वह होती है, जब शाखाएँ पूर्ण विकसित नहीं होती। ऐसी अवस्था हिमालय के बालतारो हिमनदी में देखी जा सकती है। अन्तिम अवस्था वह होती है जब सहायक हिमनदी और लटकती हुई घाटियाँ पूर्णतया विकसित होती हैं। न्यूजीलैण्ड की तस्मान हिमनदी इसी अन्तिम दशा की ओत है।

(2) फैलती हुई हिमनदियाँ (Radiating Glaciers)—इस प्रकार की हिमनदियों की रूप-व्यवस्था में मुख्य हिमनदी तो पर्वत की दीवार में स्थित रगशाला (amphitheatre) की तरह की गुफा में स्थित रहती है और उससे निकलने वाली छोटी-छोटी हिमनदियाँ इधर-उधर फैली रहती हैं। ये नीचे की ओर प्रवाहित होती हैं और एक बिन्दु पर मिल जाती हैं। इनकी आकृति स्त्रियों के पखे में तीलियों के समान ज्ञात होने लगती है। ऐसी हिमनदियाँ आल्प्स प्रदेश में पायी जाती हैं।

(3) नालाकार या अर्द्ध-चन्द्राकार हिमनदियाँ (Horse Shoe Type Glaciers)—इस प्रकार की हिमनदियों में छोटी-छोटी हिमनदियों का अग्रभाग अन्दर को मुड़ा रहता है और ये उस बड़ी हिमनदी के अवशेष-मात्र होती हैं जो हिमागार की दीवार से चिपकी रहती हैं। ऐसी हिमनदियाँ कनाडा और संयुक्त राज्य के पर्वतीय भागों में पायी जाती हैं।

(4) पूर्व प्राप्त बेसिन की हिमनदियाँ (Inherited Basin Glaciers)—वे हिमनदियाँ होती हैं जो पहले से बनी घाटी में हिम-प्रवाह द्वारा बन जाती हैं।

(5) प्रसारपूर्ण हिमनदी (Expanded Flood Type Glacier)—इस प्रकार की हिमनदी का आकार मनुष्य के फैलाये हुए पैर की तरह होता है। इसमें बर्फ की मात्रा इतनी अधिक होती है कि न केवल घाटी ही पूर्णतः भरी होती है, वरन् उसके अग्र-प्रदेश में भी इसका प्रवाह होने लगता है। यह प्रवाह इतना अधिक होता है कि एक अलग हिमनदी बन जाती है। अलास्का की टोकू हिमनदी इसका मुख्य उदाहरण है।

हिमानी के ऊपरी तल के रूप (Surface Features of the Glacier)

हिमानी का ऊपरी तल सदैव एक जैसा नहीं रहता। जाड़े के दिनों में जब हिमानी में हिम की मात्रा अधिक होती है तो उनका ऊपरी तल चिकना होता है, परन्तु ग्रीष्म में सब कुछ बदल जाता है। ग्रीष्म में हिम के ऊपर दरार, सेरक्स, बर्ग-श्रुण्ड, धूल के कुएँ और धाराएँ आदि कई रूप दृष्टिगोचर होने लगते हैं। यही कारण है कि खोजकर्ताओं के लिए ग्रीष्म में बड़े हिमनदों की यात्रा करना कठिन ही नहीं प्रायः असम्भव होता है। जाड़ों में जब यात्रा करना सरल होता है तो हिमानी के सब रूप लुप्त हो जाते हैं।

हिम दरारें (Crevasses)

यदि हिमानी की घाटी सर्वत्र एक जैसी चौड़ी और चौरस हो तो हिमानी की ऊपरी सतह लगभग सपाट होगी। किन्तु हिमानी की घाटियों का तल एक सा नहीं होता। बहुधा घाटी की हिमनियों को ऊँचे-नीचे ढालों पर होकर चलना पड़ता है। घाटियों के मार्ग भी बड़े टेढ़े-मेढ़े होते

हैं। अतः हिमानियों के रथूल और कड़े हिम को भी घाटियों के असमान और झुकावदार धरातल पर लुढ़कना पड़ता है और साथ ही मुड़ाव के साथ मुड़ना और घूमना पड़ता है। घाटी में हिमानी के घूमने और मुड़ने से उसकी तली और दोनों पार्श्वों में खिंचाव पड़ता है। फलस्वरूप हिम की



चित्र—258 रोम हिमनद और उसकी दरारें

रवेदार ठोस प्रकृति के कारण हिमानियों की ऊपरी सतह पर विभिन्न चौड़ाई एवं गहराई की हिम-दरारें (Crevasses) पड़ जाती हैं। ये दरारें अपनी रचना के अनुसार तीन प्रकार की होती हैं :

(1) **समान्तर हिम-दरार** (Longitudinal Crevasses)—जब हिमानी में पड़ी दरारें उसके बहाव के समान्तर होती हैं तो उन्हें समान्तर हिम-दरार कहते हैं। जब कोई हिमानी सँकरी घाटी से चौड़ी घाटी में प्रवेश करती है तो वहाँ खुली जगह मिलने से हिमानी अपने किनारों की ओर फैलती है जिससे हिमानी की लम्बाई में समान्तर दरारें बन जाती हैं।

(2) **आड़ी हिम-दरार** (Transverse Crevasses)—जब किसी हिमानी के प्रवाह मार्ग

का तल अधिक ढाल हो जाता है तो हिमानी के आरपार चौड़ाई में दरारे बन जाती है, जिन्हे आड़ी हिम-दरार कहते हैं।

(3) सीमान्त हिम-दरार (Marginal Crevasses)—ये हिमानियों के किनारों पर बनती हैं। नदियों के समान हिमनदियों में भी मध्यवर्ती भाग में प्रवाह गति तेज होती है किनारों एवं तली पर घर्षण के कारण गत्यारोध उत्पन्न हो जाता है जिससे गति मन्द रहती है। मध्य में अधिक गति होने से तनाव उत्पन्न होता है, जिससे सीमान्त हिम-दरारे बन जाती हैं।

हिमानियों की दरारे हिमानी के आगे बढ़ने पर पुनः अदृश्य हो जाती हैं। दबाव के बढ़ जाने से भी ये दरारे भर जाती हैं। किन्तु हिमानी के ऊपरी धरातल पर दरारों के चिह्न बने रहते हैं। सूर्य की किरणें हिम-दरारों के ऊपरी कोनों को पिघलाकर सुडौल बना देती हैं। पिघला हुआ जल इन दरारों में पुनः जम जाता है जिससे ये दरारें सँकरी जाती हैं। हिमानी के समतल स्थान पर पहुँचने पर दरारे लगभग बन्द हो जाती हैं। कई बार ये दरारे हिम-पुलों से ढक जाती हैं जो हल्के से भार से नष्ट हो सकती हैं। ऐसी अदृश्य दरारे बड़ी भयानक होती हैं।

हिमानियों के प्रवाहित हिम का टूटना उसकी अनेक विशेषताओं में से एक है जो हिमानी को एक नदी से भिन्न सिद्ध करती है। सामान्यतः हिमानी में दरारे घाटी के विस्तार में परिवर्तन, ढाल में परिवर्तन, विभिन्न भागों में चाल की भिन्नता तथा पार्श्विक खिचाव के कारण बनती हैं। सपाट और चिकने ढाल वाली हिमानियों पर कभी दरारे नहीं बनती।

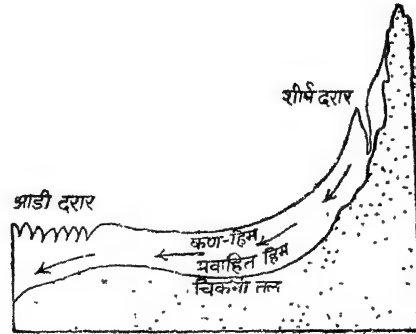
सिरेक्स (Seracs)—प्रायः अत्यधिक हिम-विदारित और मोटी हिमानी के निचले भाग में उसके ऊपरी तल का स्वरूप बड़ा जटिल हो जाता है। यहाँ कई हिम-विदार एक-दूसरे को काटते हुए बने होते हैं, जिससे हिमानी का तल विषम हो जाता है। हिमानी-तल हिम-शिखर, अनियमित हिम-श्रेणियों और घाटियों का समूह बन जाता है। यहाँ कई हिम-शिखर असमान नुकीली शिखरिकाओं (Pinnacles) के रूप में देखी जाती हैं। इन हिम शिखरिकाओं को ही फ्रांसीसी भाषा में सिरेक्स कहा जाता है।

बर्गश्रुण्ड (Bergschrund)—घाटी हिमानी के शीर्ष भाग में हिम का ऊपरी भाग हिम-क्षेत्र से हट जाता है। फलस्वरूप वहाँ एक विशाल असमान हिम-विदार उत्पन्न हो जाता है। इस विशाल हिम-विदार को ही बर्गश्रुण्ड कहते हैं। जाड़े के दिनों में यह हिम-विदार (Bergschrund) हिम से बन्द रहता है किन्तु ग्रीष्म में हिम पिघलने से यह पुनः खुल जाता है।

धूल के कूप (Dust Wells)—हिमानी के ऊपर जहाँ कहीं पत्थर या शिला चूर्ण पड़ा होता है, वह सूर्य से शीघ्र ताप ग्रहण कर लेता है। उनके गरम होने से उनके नीचे की बर्फ पिघलने लगती है। फलस्वरूप वहाँ वेलनाकार छिद्र बन जाते हैं।

इन छिद्रों को धूल के कूप कहते हैं। ये कुछ इंचों से लेकर कई फुट बड़े होते हैं। कभी-कभी लम्बवत हिम-विदार के सहारे हिमानी की तली में छोटे किन्तु गहरे कूप बन जाते हैं।

हिमानी पट्ट (Glacial Table)—जब कभी हिमानी के ऊपर बड़े शिलाखण्ड अवस्थित रहते हैं तो वे अपने नीचे की बर्फ को पिघलने से रोकते हैं। वे एक प्रकार से टोपी का कार्य करते हैं। किन्तु जब चारों ओर की बर्फ पिघल जाती है तो वे शिलाखण्ड निकटवर्ती बर्फ की सामान्य सतह से हिम-पट्ट (Ice-pedestals) के रूप में ऊँचे उठे रहते हैं। इन हिम-पट्टों को ही हिमानी



चित्र 259—बर्गश्रुण्ड

पट्ट (Glacial Table) कहा जाता है। अन्ततोगत्वा जब हिम-पट्ट पिघल जाते हैं तो शिलाखण्ड भी गिर जाते हैं।

ढाल (Slope)—विभिन्न हिमानियों के ऊपरी तल के ढाल में बड़ी भिन्नता देखी जाती है। पर्वत-शिखरों से निकलने वाली कुछ छोटी हिमानियों का ढाल 25° से 30° तक होता है। स्थानीय रूप से प्रपाती हिमानियाँ और भी अधिक ढालू होती हैं। स्विट्जरलैण्ड और अलास्का की कई लम्बी हिमानियों का नीचे की ओर ढाल 100 प्रति फुट मील पाया गया है।



चित्र 260—हिमानी पट्ट

अपवाह (Drainage)—ग्रीष्मकाल में तापमान के बढ़ जाने के कारण हिमानी की ऊपरी सतह पिघलने लगती है। फलस्वरूप पिघला हुआ हिम जल हिमानी की सतह पर ढाल के अनुकूल होने पर धाराओं के रूप में बहने लगता है। ये धाराएँ या तो हिमानी के दोनों किनारों के पास बहती हैं या हिम-विदरों में गिरकर लुप्त हो जाती हैं। हिम-विदरों में जाकर धाराओं का जल पुनः जम जाता है। कई स्थानों पर हिमानी के ऊपर हिमोढ़ जमा हो जाने से छोटी-छोटी झीलें बन जाती हैं। कई बार हिमानी के ऊपर बहने वाली धाराएँ अपने साथ कंकड़, पत्थर व गोलाश्म आदि को प्रवाहित करती हैं। कई स्थानों पर इन पदार्थों के भँवरदार कार्य से हिम में बेलनाकार गर्त बन जाते हैं। इन गर्तों को हिमानी भँवर (Moulines) कहा जाता है। ऐसे गर्त कभी-कभी हिमानी तल की चट्टानों तक पहुँच जाते हैं और उन पर भी जलगर्तिका के चिह्न (pot-hole marks) बन जाते हैं। कभी-कभी ये गर्त हिमानी में बनी कन्दराओं में विलीन हो जाते हैं।

हिम के पिघलने से बनी वे धाराएँ जो हिमानी के ऊपर तल पर बहती हैं, ऊर्ध्व हिम-धाराएँ (Super glacial streams) कहलाती हैं। किन्तु कई धाराएँ हिमानी के नीचे कन्दराओं में बहती हैं। ऐसी धाराओं को अधो हिम-धाराएँ (Sub glacial streams) कहा जाता है। ये जल-धाराएँ कन्दराओं में होकर हिमानी के अगले भाग में नीचे से बाहर प्रकट होती हैं। ये धाराएँ अपने साथ प्रचुर मात्रा में अपोढ़ एवं घुलित पदार्थ बहाकर लाती हैं। कई बार घुलित पदार्थों से धाराओं का जल दूधिया (milky) हो जाता है। अतः हिमानी के नीचे से निकलने वाली धारा से प्रवाहित ऐसे जल को हिमानी दूध (Glacial milk) कहते हैं।

सतही अपोढ़ (Surface Debris)—प्रायः बड़ी घाटी हिमानियाँ अपने साथ बड़े परिमाण में हिमोढ़ को बहा ले जाती हैं। यह हिमोढ़ अधिकांशतः हिमानी के किनारों के निकट या उसके ऊपर स्थित रहता है। हिमानी के मुहाने के समीप बर्फ पिघलने के कारण अधिकांश हिमोढ़ हिमानी की सतही धाराओं के द्वारा हिमानी के ऊपर फैला दिया जाता है। अलास्का में कई हिमानियों के निचले भाग का लगभग एक वर्गमील क्षेत्र पूर्णतः हिमोढ़ की परत से ढका हुआ पाया जाता है।

घाटी हिमानी का अनुप्रस्थ-खण्ड चित्र

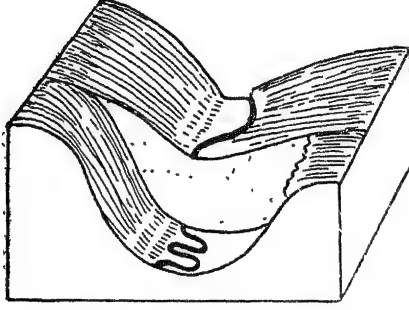
सामान्यतः यह कहा जाता है कि हिमनदी की घाटियाँ यू-आकार की होती हैं। इस



चित्र 261—एक आदर्श यू-आकार की घाटी—निलम्बी घाटियों सहित

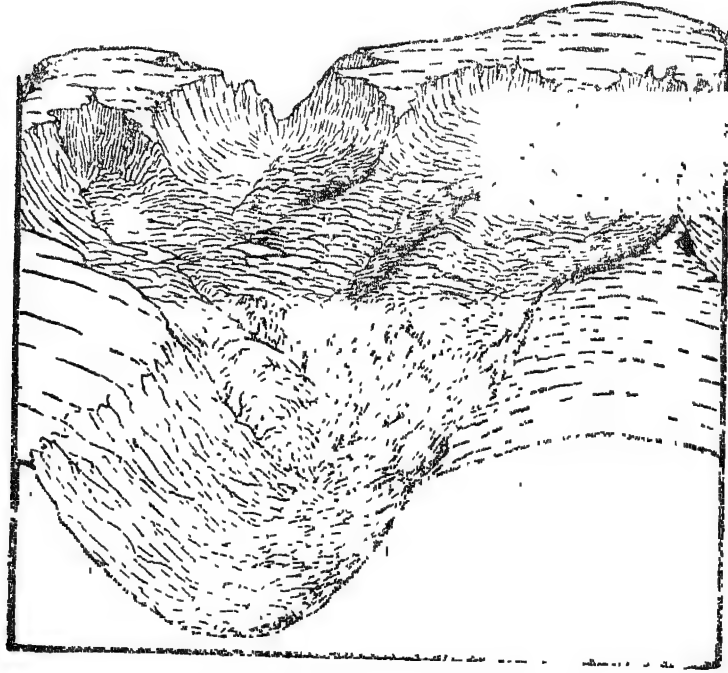
कथन का हेत्वाभास (fallacy) इस बात में निहित है कि हम हिमानी की धारा (channel) की नदी की घाटी (valley) से तुलना करते हैं। किन्तु वास्तव में हिमानियों और नदियों दोनों की धाराएँ (channels) यू-आकार की होती हैं। लेकिन नदियाँ घाटी के अनुप्रस्थ-खण्ड का बहुत थोड़ा-सा भाग घेरती हैं, जबकि हिमानियाँ सम्पूर्ण घाटी को घेर लेती हैं। अतः हिमानी की धारा ही प्रभावशाली रूप बन जाता है।

जैसा कि उपरोक्त विवरण से विदित होगा हिमानियाँ स्वयं किसी नवीन घाटी की रचना नहीं करती। हिमानियाँ केवल हिमावरण के पूर्व



चित्र 262—यू-आकार की घाटी का आड़ा ढाल खण्ड

नदियों द्वारा निर्मित V-आकार की घाटियों को परिवर्तित एवं परिवर्द्धित करती है। हिमानी की अपरदन क्रिया से V-आकार की घाटी घिसकर U-आकार की बन जाती है। इस प्रकार उसका अनुप्रस्थ-खण्ड चित्र भी बदल जाता है। साधारणतः एक हिम घाटी का अनुप्रस्थ-खण्ड रूप गहरे एवं चौरस गत (trough) के समान होता है। हिम के अनवरत घिसाव से घाटी में निकले हुए पर्वत प्रक्षेप (spurs) नष्ट हो जाते हैं, जिससे घाटी चौड़ी हो जाती है और किनारे चिकने और खड़े ढाल वाले बन जाते हैं। घाटी हिमानी के मुख्य गत (main trough) के दोनों किनारों के ऊपरी भाग में मंच या स्कन्ध (bench or shoulder) होते हैं जो गत के ओष्ठ और ऊँचे शिखरों के बीच के ढालों के मध्य स्थित हैं। सहायक हिमानियाँ स्कन्ध से होकर सामान्य ढाल पर



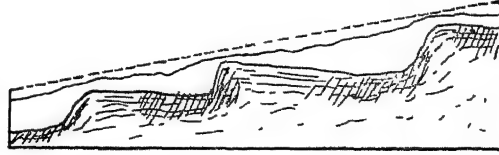
चित्र 263—घाटी गत का अन्त (Trough end)

नीचे उतरती हैं किन्तु अन्तिम छोर पर ये मुख्य गत में ऊपर से गिरती हैं। मुख्य हिमानी की सहायिकाओं के बीच पहाड़ी सिरे और प्रक्षेप प्रायः त्रिकोणात्मक फलकित (faceted) होते हैं। घाटी-तल और नीचे के पार्श्व भी हिम के प्रभाव से चिकने और चमकदार होते हैं। इस प्रकार हिम-निर्मित घाटियाँ गहरी एवं चौड़ी होती हैं और आकार में अंग्रेजी के U-अक्षर के समान प्रतीत होती हैं। संयुक्त राज्य अमरीका की योसोमाइट की घाटी हिम-निर्मित घाटी का सर्वोत्तम उदाहरण है।

हिमनदी घाटियों की रचना के सम्बन्ध में हिमानी अपरदन में विश्वास करने वालों का मत है कि ये घाटियाँ पूर्णतः हिमानी के अपरदन के फलस्वरूप बनी हैं। टिण्डाल (Tyndal) इस मत का प्रमुख समर्थक है। उसकी मान्यता है कि इन घाटियों की रचना में जल का कोई विशेष हाथ नहीं है। किन्तु विद्वानों का एक वर्ग ऐसा भी है जो यह मानता है कि इन घाटियों की रचना हिमानी अपरदन द्वारा नहीं अपितु नदियों द्वारा हिमकाल के पूर्व अथवा अन्तर-हिमकाल (Inter-Glacial period) में हुई है। वे भी मानते हैं कि इन घाटियों को अन्तिम रूप देने अर्थात् उन्हें गहरा और चौड़ा करने में बाद में हिम का भी योग रहा। कुछ हिम-घाटियाँ अपने शीर्ष पर तीव्र ढाल के साथ समाप्त हो जाती हैं जिसे घाटी गर्त का अन्त (Trough end) कहते हैं। हिमानी घाटियों में इन घाटी-गर्तों के ऊपर कभी एक स्कन्ध और कभी-कभी कई स्कन्ध पाये जाते हैं। आल्प्स पर्वत की कई हिमानियों में एक से अधिक स्कन्ध मिलते हैं जो वर्तमान घाटी-तल से काफी ऊँचाई तक फैले हुए देखे जाते हैं। ऐसी दशा में घाटी के ढाल यह स्पष्ट इंगित करते हैं कि ये ढाल सामान्यतः मिश्रित ढाल हैं और इनका विकास नदी के सामान्य अपरदन के साथ बीच-बीच में हिमानी द्वारा भी हुआ है।

घाटी हिमानी का लम्बवत खण्ड-चित्र (The Long Profile of Valley Glacier)

हिमनदित घाटी का लम्बात्मक ढाल-खण्ड कुछ ऐसे विचित्र भू-रूपों को प्रकट करता है जो हिम प्रभाव सम्बन्धी दोनों विचारधाराओं के वैज्ञानिकों के लिए समस्या पैदा करते हैं। एक विशिष्ट हिमनदित घाटी का लम्ब ढाल खण्ड बड़ा ही अनियमित और सीढ़ीवत होता है। घाटी में ऐसी वृहद् सीढ़ियाँ प्रायः वास्तविक गर्त (true trough) के सिरे के निकट पायी जाती हैं। ऐसे विशिष्ट गर्त छोर (Trough's end) स्विट्जरलैण्ड के आल्प्स पर्वत की लाउटरब्रुनेन (Lauterbrunnen) और जर्मट्ट (Zermatt) हिमानियों की घाटियों में बहुत ही स्पष्ट रूप से देखे जाते हैं। घाटी के नीचे अनेक छोटे आकार की सीढ़ियाँ भी बहुत मिलती हैं। गारवुड ने सिसीनो (Ticino) हिमानी की सहायक वाल मेसोको (Val Mesocco) की घाटी में ऐसी तीन सीढ़ियों का उदाहरण दिया है। ये क्रमशः 300, 500 और 800 फुट ऊँची हैं। इनकी ऊँचाई घाटी के ऊपर की ओर बढ़ती जाती है। ऐसी सीढ़ियाँ या तो वस्तुतः भृगुएँ हैं या वे केवल तीव्र ढाल-मात्र हैं। वर्तमान धाराओं ने इन सीढ़ियों से नीचे उतरते हुए प्रायः गार्जों का निर्माण किया है। प्रत्यागमन के समय धाराओं ने गार्जों के सिरे को कुछ दूरी तक सीढ़ी के ऊपर भी खींच लिया होगा।



चित्र 264—यू-आकार की घाटी
का लम्बवत खण्ड

हिमनदित घाटी के सीढ़ीनुमा ढाल के सम्बन्ध में हिम अपरदन के मतावलम्बियों का विश्वास है कि यह हिम के असमान अपरदन का परिणाम है। चट्टानों की कठोरता में भिन्नता भी असमान अपरदन को प्रभावित करती है। फिर हिमानी का अपरदन कार्य हिम की मोटाई और उसके आयतन पर भी निर्भर है। अतः हम सहज ही यह विश्वास कर सकते हैं कि जहाँ दो हिमानियाँ मिलती हों वहाँ संगमस्थल के नीचे हिम का अपरदन कार्य निश्चय ही अधिक होगा। ऐसा विशेषतः उस दशा में और भी अधिक महत्वपूर्ण होता है जबकि सम्मिलित हिमानियों का पार्श्व-चित्र उसकी सहायक हिमानियों की तुलना में बहुत बड़ा होता है। कई बार जो गर्त छोर (Trough's end) आकस्मिक रूप से अत्यधिक गहरे बन जाते हैं वे इस बात के द्योतक हैं कि यहाँ कई हिमानियाँ ऊँचे भागों से आकर मिली हैं।

हिम अपरदन के एक प्रमुख मतावलम्बी ने अपने मत की पुष्टि निम्न कथन द्वारा की है जो विचार करने पर असंगत प्रतीत नहीं होती। उसका कथन है कि "If it were once proved that glaciers erode their troughs.....some inequality of erosion was as likely as in the erosion of a channel by a river"¹

हिमनदिन घाटी के सीढ़ीनुमा ढाल के सम्बन्ध में हिम-संरक्षण के मतावलम्बियों ने अपना भिन्न मत प्रस्तुत किया है। उनके मतानुसार एक हिमकाल में कई बार हिम का अग्रगमन (advances) और प्रत्यागमन (retreats) हुआ था। अतः हिमानी की घाटी में कोई भी सीढ़ी अन्तर-हिमकाल (inter-glacial period) में हिम के प्रत्यागमन की सीमा को प्रकट करती है। इस सीमा के नीचे जल द्वारा अपरदन-कार्य प्रारम्भ हो जायगा और हिम की सीमा तक घाटी गहरी हो जायगी। हिम के पुनः आगे बढ़ने के काल में सीढ़ी हिम से ढक जायगी और हिम अपरदन द्वारा घाटी के चौड़े होने तक वह सुरक्षित बनी रहेगी। जहाँ हिम-घाटी में कई सीढ़ियाँ पायी जाती हैं वहाँ इस मत के अनुसार कई बार हिम का अग्रगमन और प्रत्यागमन होना आवश्यक है। गारब्ड ने मेसोको हिम-घाटी (Mesocco valley) में सीढ़ियों की ऊँचाई और उनके अन्तर को आल्प्स पर्वत की हिम घटनाओं के क्रम से सम्बन्धित बताया है। फिर इस प्रदेश की कई घाटियों में जो सीढ़ियाँ पायी जाती हैं वे सब समुद्र-तल से एकसी ऊँचाई पर मिलती हैं। यह इस मत को पुष्ट करने वाला बहुत ही महत्वपूर्ण तथ्य है।

हिम-घाटी की सीढ़ियों की रचना को स्पष्ट करने के लिए हिम-अपरदन और हिम-संरक्षण दोनों ही मतावलम्बियों के अपने विचार सत्य हैं। किन्तु जब हमारे सामने दोनों ही प्रकार के पुष्ट प्रमाण हैं तो ऐसी दशा में किसी एक मत को मान लेना उचित नहीं लगता है।

हिमानी के कार्य (Work of Glaciers)

अनाच्छादन के अन्य साधनों की भाँति हिमानियाँ भी धरातल के अपरदन, अपरदित पदार्थों के परिवहन तथा उनके निक्षेप का कार्य करती हैं। हिमानियों के इन तीनों कार्यों का जो प्रभाव धरातल पर होता है उसको हिमनदन (glaciation) कहते हैं।

19वीं शताब्दी में हिमानी की अपरदन शक्ति और उसके कार्यों के सम्बन्ध में बड़ा विवाद चला। इसके कार्यों के सम्बन्ध में मुख्यतः तीन विचारधाराएँ हैं :

(1) प्रतिरक्षात्मक विचारधारा (Protectionist School)—इस विचारधारा के प्रवर्तक हीम (Heim) हैं। इन्होंने सन् 1885 में यह मत प्रतिपादित किया कि हिमानियाँ अधिकतर भूमि की रक्षा करती हैं। इनके द्वारा अपरदन बहुत ही कम होता है। हिमानियाँ अपने मार्ग में स्थित बाधाओं को किसी प्रकार नष्ट नहीं कर सकतीं। ये केवल उन्हें ढक लेती हैं। इनकी तली में स्थित हिमोढ में भी घर्षण की सीमित शक्ति होती है। इस विचारधारा के मतावलम्बियों का कहना है कि हिमनदी की तुलना मोम से की जा सकती है। जिस प्रकार मोम की रेती में यदि हीरे के कण भी लगे हों, परन्तु वह इस्पात को काटने में असमर्थ रहेगी। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि हिमनदियाँ चट्टानों को थोड़ा-बहुत घिस अवश्य सकती हैं किन्तु उन्हें काट नहीं सकती।

(2) अपरदनात्मक विचारधारा (Erosionist School)—इस विचारधारा के प्रतिपादक हेस (Hess) हैं। इन्होंने सन् 1904 में यह मत प्रकट किया कि हिमानियाँ उतना ही अपरदन-कार्य करती हैं जितना कि नदियाँ। इनके अनुसार हिमानी की तली के हिमोढ आगे बढ़ने के साथ-साथ तली को घिसते चलते हैं और अपने मार्ग में विशाल परिवर्तन कर देते हैं। जब तली

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *The Physical Basis of Geography*, p. 343

ये गोल बन जाते हैं। इन शिलाखण्डों की घर्षण-त्रिया से विचित्र रूप तथा आकार बन जाते हैं। हिम घर्षण के इस कार्य की हीरे-जवाहरात का काम करने वाले कारीगरों के कार्य से तुलना की जा सकती है। हिमानी के क्षय-कार्य की निम्न विशेषताएँ होती हैं :

(1) हिमानी के अपरदन-कार्य की गति नदियों द्वारा किये गये कार्य से कम होती है, क्योंकि हिमानी की चाल धीमी होती है। इसकी मोटाई बहुत होती है तथा विभिन्न चट्टानों पर इसका प्रभाव विभिन्न प्रकार से पड़ता है।

(2) हिमानी का निचला भाग तलहटी से रगड़ नहीं खाता, वरन् कुछ उठा रहता है।

(3) धरातल की ऊँचाई, नीचाई तथा ढाल-परिवर्तन के अनुसार हिमानी की गति, मोटाई और काट-छाँट करने की शक्ति अलग-अलग होती है। तीव्र ढाल पर हिमानी की चाल तेज और मोटाई कम हो जाती है तथा तलहटों के साथ इसका सम्पर्क टूट जाता है।

फ्रांसीसी भूगोलशास्त्री प्रो० डी मोरटोन (De Mortoune) ने हिमानी द्वारा किये जाने वाले अपरदन-कार्य की व्याख्या इस प्रकार की है—“यदि हिमनदी का ढाल असमान हो (जैसा कि प्रायः होता ही है) तो तलहटी की सबसे अधिक काट-छाँट हिमनदी में हिम-विदरो (crevasses) के ऊपर-नीचे होती है।” अर्थात् ढाल में ज्योंही परिवर्तन होगा, हिम-विदर बन जायेंगे और अपरदन की तीव्रता इनसे ऊपर और नीचे सबसे अधिक होगी, किन्तु अपरदन-क्रिया धीरे-धीरे घटती जाती है और हिमनदी के अग्रभाग में जाकर बिलकुल ही कम हो जाती है।

हिमानियों द्वारा अपरदन-कार्य निम्न बातों पर निर्भर होता है :

(1) हिमानियों की मोटाई,

(2) हिमानियों द्वारा परिवहित चट्टानी पदार्थ की मात्रा,

(3) हिमानियों का वेग, तथा

(4) हिमानियों के तल की शैलों की बनावट।

(1) **हिमानियों की मोटाई**—हिमानियों द्वारा किये जाने वाले अपरदन में हिम की मोटाई का विशेष प्रभाव होता है। हिमानियों में हिम की मोटाई जितनी अधिक होती है अपरदन भी उसी अनुपात में अधिक होता है। हिम की कमी होने पर कभी-कभी हिमानी कोई अपरदन नहीं करती।

(2) **हिमानियों के चट्टानी पदार्थ की मात्रा**—हिम के चुनने की क्रिया एव पाले की क्रिया से हिमानी में बड़ी मात्रा में चट्टानी पदार्थ जमा हो जाते हैं। ये पदार्थ ही हिमानी के अपरदन यन्त्र हैं। इनके घर्षण से हिमानी के किनारों की शैले घिसती और टूटती हैं। घर्षण के कारण तली की शैले चिकनी, चमकदार एव सपाट हो जाती हैं। उनके ऊपर रेखांक या खरोचे (striae or lining) पड़ जाती हैं। घाटी में हिमानी का यह अपरदन कार्य वहाँ अधिक होता है जहाँ चट्टानी पदार्थ अधिक जमा रहते हैं। इनके अभाव में अपरदन-कार्य प्रभावशाली नहीं हो पाता।

(3) **हिमानियों का वेग**—हिमानी की अपरदन शक्ति उसके वेग पर भी आधारित है। यह उनकी गति के घन के अनुसार बदलती रहती है। अतः तीव्र गति से प्रवाहित हिमानियाँ मन्द गति से बहने वाली हिमानियों की तुलना में अधिक अपरदन करती हैं। धरातल का तीव्र ढाल भी इसमें सहायक होता है।

(4) **तलहटी की शैलों की बनावट**—हिमानी के अपरदन-कार्य पर घाटी तल की शिलाओं की रचना का गहरा प्रभाव होता है। सामान्यतः कठोर शैलों की तुलना में कोमल शैले शीघ्र कट जाती हैं। अतः जब घाटी में कठोर शैले आ जाती हैं तो उससे शृंग बनने लगते हैं किन्तु कोमल चट्टानें होने पर घाटी गहरी हो जाती है और उसमें कई चट्टानी रेसिन तथा झीले बन जाती हैं। तलीय शैलों में जब सन्धियाँ पास-पास होती हैं तो वे शीघ्र कटती हैं जिसे अपरदन-कार्य अधिक होता है।

हिमानी अपरदन द्वारा बने यू-आकार

यू-आकार की घाटी—हिमानी निर्मित घाटी को 'यू' आकार की घाटी कहा जाता है। पर्वतीय भागों में घाटी हिमानियाँ जिन घाटियों में होकर प्रवाहित होती हैं उनके तल सपाट तथा चौरस होते हैं। इनके पार्श्ववर्ती किनारे तीव्र समानान्तर और उन्नतोदर ढाल वाले होते हैं। हिमानियों की ये घाटियाँ अंग्रेजी के U अक्षर से मिलती-जुलती होती हैं। इसीलिए हिमानी निर्मित घाटियों को यू-आकार की घाटियाँ कहा जाता है।

वस्तुतः नदियों की भाँति हिम नदियों में किसी नवीन घाटी बनाने की शक्ति नहीं होती किन्तु जब कभी वे हिमावरण के पूर्व नदियों द्वारा निर्मित घाटियों में होकर बहती हैं तो वे पुरानी घाटियों को काटकर तथा घिसकर

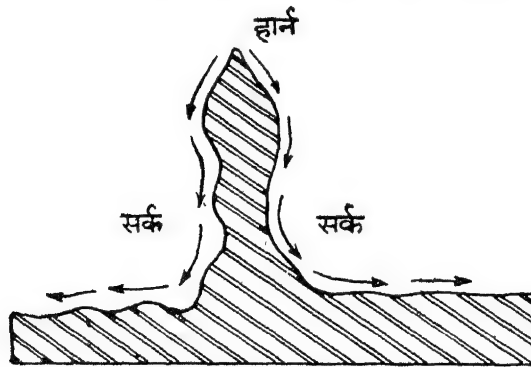
उनका रूप बदल देती हैं। साधारणतः हिम नदियों द्वारा घिसाव की तीव्रता तल की अपेक्षा किनारों पर अधिक होती है जिससे घाटी में निकले हुए पर्वत प्रक्षेप (spur) नष्ट हो जाते हैं और किनारे चिकने व खड़े ढाल वाले बन जाते हैं। इस प्रकार हिमानियों द्वारा निर्मित घाटियाँ गहरी एवं चौड़ी और आकार में यू-आकार के समान प्रतीत होती हैं। यहाँ यह उल्लेखनीय है कि हिमनदी घाटी का अनुप्रस्थ



चित्र 265—यू-आकार की घाटी

परिच्छेदिका (cross section) कभी पूर्ण रूप से U आकार की नहीं होती। बहुधा इन U आकार की घाटियों के दोनों ओर सहायक निलम्बी घाटियाँ (hanging valleys) ऊपर लटकी रहती हैं। कभी-कभी घाटी के किनारे सोपानाकार (steplike) भी बन जाते हैं। प्रायः यू-आकार की घाटियाँ उन प्रदेशों में विशेष रूप से पायी जाती हैं जहाँ हिम नदियाँ नदी घाटियों में होकर बह चुकी होती हैं। संयुक्त राज्य अमरीका की योसोमाइट की घाटी हिमानी-निर्मित अथवा U आकार की घाटी का सर्वोत्तम उदाहरण है।

गिरिशृंग (Horn)—जब किसी पर्वत के चारों ओर समान ऊँचाई पर कई हिमगह्वर बन



चित्र 266—गिरिशृंग

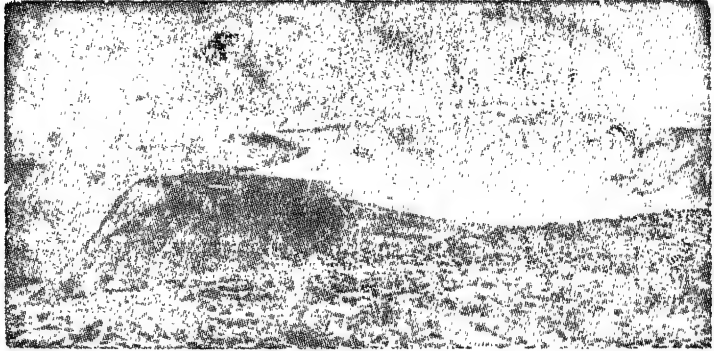
जाते हैं तो वे अपनी शीर्ष की दीवार को तीव्रता से काटते हैं। फलस्वरूप इनके मध्य में एक ठोस

पिरामिड की आकृति की चोटी बन जाती है। पर्वत-शिखर के इस चोटीनुमा रूप को ही श्रृंग (horn) कहा जाता है। स्विट्जरलैण्ड में आल्प्स पर्वत-श्रेणी का मैटरहॉर्न (Matterhorn) तथा जुंगफ्रा (Jungfrau) श्रृंग इसके सर्वोत्तम उदाहरण हैं। भारत में हिमाचल के अन्दर भी ऐसे श्रृंग पाये जाते हैं।

कंधीनुमा श्रेणी (Comb ridge)—जब किसी पर्वत-श्रेणी के विपरीत ढालों पर हिमानियों द्वारा कई हिमगह्वर बन जाते हैं तो श्रेणी का रूप कंधीनुमा हो जाता है। ऐसी कंधीनुमा श्रेणी के ऊपरी भाग में जब अपरदन अधिक हो जाता है तो तेज धार वाली नुकीली कटकों की रचना होती है। किन्तु नुकीली कटकों को **एरिटे (Arete)** अथवा **ग्राट (Grats)** कहा जाता है।

कोल (Col)—किसी पर्वत के विपरीत ढालों पर बने हिमगह्वर जब अनवरत अभिशीर्ष अपरदन करते हैं तो उनके मध्य की दीवार धीरे-धीरे कटकर नष्ट हो जाती है। परिणामस्वरूप उनके बीच में एक छिद्र बन जाता है जो क्रमशः बड़ा होता जाता है। पर्वतीय श्रेणी के आर-पार बने ऐसे छिद्र को ही कोल कहा जाता है। इसकी आकृति प्रायः घोड़े की काठी के समान प्रतीत होती है। केनेडियन पैसिफिक रेलमार्ग राँकीज पर्वत-श्रेणी को ऐसे ही कोल या दर्रे से होकर पार करती है।

हिमगह्वर (Cirque)—जब ऊँचे पर्वतीय भागों में हिम फिसलकर नीचे आती है वह



चित्र 267—हिमगह्वर

ढालों पर गड्ढे बना देती है। धीरे-धीरे ये गड्ढे हिमखोदाव (Nivation) की क्रिया से काफी चौड़े तथा गहरे हो जाते हैं। पर्वतीय ढालों पर बने ऐसे विशाल गतों को ही हिमगह्वर कहा जाता है।¹ इसकी आकृति कटोरे की भाँति होती है। दूर से देखने पर यह अर्द्ध-गोल रंगमंच (amphitheatre) के सदृश प्रतीत होता है। यह हिमानी अपरदन का एक विशिष्ट रूप (feature) है। गिलबर्ट ने सियरानिवेदा शिखर का वर्णन करते हुए बताया है कि पर्वत शिखर के पार्श्व इस भाँति सीधे कटे हुए थे जैसे उसे विशाल आरी से काटा हो। हिमगह्वर की दीवारें बिल्कुल खड़ी थीं। इन हिमगह्वरों का तल कभी-कभी बहुत ही चिकना और चमकदार होता है। इन गतों में झील पात्रों (lake basins) का पाया जाना भी सम्भव होता है जो 100 फुट या उससे भी गहरे होते

¹ इन हिमगह्वरों (cirques) को स्काटलैण्ड में कोरी (Corrie), जर्मनी में कारेन (Karen), वेल्स में स्वम (Cwm), नॉर्वे में बोटन (Botn), पिरेनीज में ओल (Oule), कारपेथियन में ज़नोगा (Zanoga) और फ्रांस में सर्क (Cirque) कहते हैं।

है। इन हिमगङ्गारों का क्षेत्रफल अपने हिम-क्षेत्रों के विस्तार के अनुसार कम-ज्यादा होता है। ये कुछ वर्गमील से लेकर कई वर्गमील क्षेत्र के होते हैं। प्रायः हिमगङ्गारों को अपरदित ज्वालामुखी क्रेटर समझ लेने की भूल हो जाती है। किन्तु ध्यानपूर्वक देखने से हिम अपरदन के स्पष्ट चिह्न चट्टानों पर दिखाई पड़ जाते हैं। जब इन गर्तों में हिम नहीं होता तो पर्वतीय ढाल पर ये आराम-कुर्सी की भाँति दिखाई देते हैं। पर्वतों से निकलने वाली घाटी-हिमानियों की उत्पत्ति इन हिमगङ्गारों से ही होती है।

हिमगङ्गार हिमनदन द्वारा विकसित एक विशिष्ट भू-रूप है। इसका निर्माण एक विवादास्पद विषय है। यद्यपि यह सही है कि अनेक हिमगङ्गार घाटी-शीर्ष (valley head) का परिवर्तित रूप ही है, परन्तु कई हिमगङ्गार ऐसे स्थानों पर स्थित हैं जहाँ एकसे पहाड़ी ढालों की अनवरतता यथायक भंग हो जाती है। ऐसे हिमगङ्गार केवल घाटी-शीर्ष के विस्तार के फलस्वरूप नहीं बन सकते। निश्चय ही इनकी रचना में अन्य तत्त्वों का योग है। गारबुड की मान्यता है कि हिम संरक्षण (glacial protection) के द्वारा इनकी रचना हुई होगी। उसके अनुसार कई हिमगङ्गार अन्तर-हिमकाल और हिमकाल के पश्चात् भी हिम के द्वारा सुरक्षित रहे जबकि इनके ऊपरी और नीचे के ढाल पाले, जल के अपरदन और मृत्तिका सर्पण द्वारा कट रहे थे। आज भी कई हिमगङ्गारों में वर्ष भर हिम बना रहता है।

इसके विपरीत, जॉनसन ने हिमगङ्गार की रचना के लिए बर्गश्रुण्ड सिद्धान्त का प्रतिपादन किया। इसके अनुसार हिमगङ्गार का निर्माण हिमानी शीर्ष के निकट एक बड़े हिम-विदर—जिसको बर्गश्रुण्ड कहा जाता है—के स्थान पर होता है। हिम-विदर के निकट चट्टानी दीवार का एक बड़ा क्षेत्र पाले से प्रभावित होता है। दिन में हिम के पिघलने से यह दीवार भीगती है और रात्रि में पानी के जमने से यह विदीर्ण होती है। इस प्रकार दीवार के सामने के विशाल शिलाखण्ड टूट पड़ते हैं। ये टूटे हुए शिलाखण्ड हिम-विदर के सम्मुख बर्फ में गिर पड़ते हैं। इनको हिम धीरे-धीरे आगे हटा देता है। हिमगङ्गार से निकलने वाली हिमानी के साथ जब ये नुकीले रोड़े बहते हैं तो वे तल पर चट्टानी गर्त (nock basins) बना देते हैं। इस प्रकार हिम खोदाव (glacial-sapping) की क्रिया से हिमगङ्गार बड़े होते जाते हैं।

इसा बोडमैन ने सन् 1916 में बर्गश्रुण्ड सिद्धान्त के सम्बन्ध में कई आपत्तियाँ प्रस्तुत कर इस सिद्धान्त को अमान्य कर दिया। उसके अनुसार कई हिमगङ्गार ऐसे स्थानों पर पाये गये हैं जहाँ बर्गश्रुण्ड नहीं था और हिमगङ्गार काफी ऊँचाई पर स्थित थे। उसका कहना है कि बर्गश्रुण्ड सभी दिशाओं में बनते भी नहीं है। इन्हीं आपत्तियों को ध्यान में रखकर सन् 1941 में लेविस ने इस सिद्धान्त में संशोधन किया। लेविस की मान्यता है कि हिमगङ्गार की उत्पत्ति में हिम का पिघला हुआ जल ही महत्त्व रखता है। पिघला हुआ जल शीर्ष-भित्ति से होकर नीचे प्रवेश कर जाता है और चट्टानों को रासायनिक क्रिया द्वारा नष्ट करता रहता है।

लटकती घाटियाँ (Hanging Valleys)—उच्च पर्वतीय भागों में हिम अपरदन के फलस्वरूप जो भू-रूप विकसित होते हैं उनमें लटकती घाटियाँ भी एक मुख्य रूप हैं। हिम के गम्भीर अपरदन में विश्वास रखने वाले विद्वानों का मत है कि लटकती घाटियाँ मुख्य हिमनदी और उसकी सहायक हिमनदियों के बीच अपरदन की भिन्नता का प्रतिफल है।¹ यों हिम के ऊपरी तल (Ice-surface) पर सभी हिमनदियाँ समान दिखाई पड़ती हैं, किन्तु मुख्य हिमनदी अपनी घाटी को

¹ "The hanging valleys are the consequence of differential over deepening as between the main glacier and its less voluminous and active affluents."

—S. W. Woolridge and R. S. Morgan.

सहायक घाटी की हिमनदियों की अपेक्षा अधिक गहरा कर देती है। फलस्वरूप मुख्य हिमनदी और सहायक हिमनदियों के घाटी-तल में बड़ा अन्तर पैदा हो जाता है। इनके संगम-स्थलों पर तीव्र ढाल उत्पन्न हो जाता है। अतः जब इन घाटियों से हिम पिघल जाता है तो सहायक हिम-घाटियाँ मुख्य हिमनदी की घाटी में लटकती हुई प्रतीत होती हैं। हिम के प्रभाव से मुक्त होने पर लटकती घाटियों के स्थान पर जल-प्रपात बन जाते हैं। ऐसी लटकती घाटियों के सर्वोत्तम उदाहरण कैलिफोर्निया के सियरानिवेदा पर्वत की योसोमाइट घाटी में देखे जाते हैं।

लटकती घाटियों की रचना के सम्बन्ध में हिम-संरक्षण के मतावलम्बियों का भिन्न मत है। उनके अनुसार इन घाटियों की रचना अन्तर-हिमकाल (inter-glacial period) में हुई थी।



चित्र 268—लटकती घाटी

कुछ घाटियाँ बहुत ही ऊँची एवं प्रपाती देखी जाती हैं और कुछ बहुत नीची और खड़ा ढाल लिये हुए होती हैं। अतः यह माना जाता है कि ऐसी सहायक घाटियों में हिम नहीं रही होगी जिससे उन पर जल-अपरदन का प्रभाव अधिक हुआ होगा। सामान्यतः जो सहायक घाटियाँ उत्तर या पूर्व को मुँह रखती हैं—अर्थात् जिन ढालों पर सूर्य का प्रभाव नहीं होता—वे प्रायः प्रपाती होती हैं, जबकि विपरीत ढालों की घाटियाँ अधिक ऊँची नहीं होतीं। सेण्ट गोथार्ड दर्रे के समीप रयूस (Reuss) घाटी की सहायक घाटियाँ इसका अच्छा उदाहरण प्रस्तुत करती हैं।

हिम सोपान (Glacial Stairway)—हिम अपरदन के कारण बने स्थल रूपों में हिम सोपान बड़ा ही मनोहारी एवं आश्चर्य में डालने वाला स्थल रूप है। इसका निर्माण हिमनदियों की घाटियों में विशाल सीढ़ियों के रूप में होता है। ये सीढ़ियाँ ऐसी प्रतीत होती हैं कि जैसे इनकी रचना दैत्यों के प्रयोग के लिए की गयी हो। इसी कारण इनको **दैत्याकार सोपान (Giant Stairways or Cyclopean Stairs)** कहा जाता है। इन सोपानों की लम्बाई कुछ मीटर से लेकर कई किलोमीटर तक होती है। प्रत्येक सोपान एक लम्बवत भूगु (vertical cliff) द्वारा एक-दूसरे से अलग होते हैं। इनके अलग करने वाले भूगु की ऊँचाई 30 मीटर से लेकर 300 मीटर तक देखी जाती है। इन सोपानों की रचना कई प्रकार से होती है। जब किसी हिमनदी घाटी में भ्रंश के कारण कई कगारों (scraps) की उत्पत्ति हो जाती है तो उनसे होकर गुजरती हुई हिमानी अपघर्षण और उत्पाटन द्वारा सोपानों का निर्माण कर देती है। उत्पाटन की क्रिया कगार के पद (foot) के समीप होती है जिससे वहाँ लम्बवत भूगु बन जाते हैं। हिम सोपानों की रचना घाटी में स्थित चट्टानों की संरचना और सगठन में भिन्नता के कारण भी होती है। हिमगह्वर से निकलकर जब हिमानी अपनी घाटी में आगे बढ़ती है तो वह मार्ग में स्थित कोमल एवं सन्धियों वाली चट्टानों

उनकी मान्यता है कि इस काल में मुख्य हिमनदी की घाटी कम ऊँचाई पर होने से उसका हिम पिघल गया, जिससे घाटी का सामान्य जल द्वारा अपरदन होता रहा। किन्तु सहायक हिमनदियाँ काफी ऊँचाई पर थीं जिससे वे दीर्घकाल तक हिम से ढकी रही और उन पर सामान्य जल-अपरदन का प्रभाव नहीं हो सका। इस मत की पुष्टि इस बात से की जाती है कि एक मुख्य घाटी की सभी सहायक घाटियाँ एक ही ऊँचाई पर नहीं पायी जातीं।

को उत्पादन की क्रिया से शीघ्र काट देती है। इससे हिमानी के मार्ग में ढाल प्रवणता (slope gradient) में भिन्नता आ जाती है। फलस्वरूप शनैः-शनैः अपरदन के कारण घाटी के अन्दर कई सोपान बन जाते हैं। ऐसे सभी सोपानों में भृगु के समीप गहरे शिलागर्त (lock basins) स्थित होते हैं। जब हिम पिघल जाती है तो हिम सोपानों पर बने शिलागर्त झीलों में बदल जाते हैं। ऐसी झीलों को पैटरनास्टर झीलें (Paternoster Lakes) कहा जाता है। प्रत्येक सोपान पर बनी ये झीले मोतियों की लड़ी जैसी प्रतीत होती है। कैलिफोर्निया की योसोमाइट घाटी में भी सोपान एवं पैटरनास्टर झीलों का अच्छा विकास पाया जाता है।



चित्र 269—हिम सोपान

हिमनदी घाटी में झीलों की रचना के सम्बन्ध में अलग-अलग मत हैं। आल्प्स की कुछ झीले तो सम्भवतः चूना-पत्थर के घुल जाने से बनी हैं। किन्तु कई जगह ये झीले स्फटिक शिलाओं में भी पायी जाती हैं। वहाँ इन झीलों की रचना चट्टानों में उपस्थित सन्धियों में हिम के प्रभाव के कारण ही हुई होगी। रैमसे (Ramsay) के समर्थक बड़ी झीलों की रचना को घाटी में एकत्रित हिम द्वारा तली के विशेष अपरदन का परिणाम मानते हैं। कुछ विद्वान इनकी उत्पत्ति पर्वतपदीय हिमानियों द्वारा मानते हैं। कुछ लोग इन्हें विवर्तनिक प्रभाव (tectonic influence) का फल मानते हैं।¹

राँश मूटोने (Roche Moutonuee)—जब हिमानी अपनी घाटी में आगे बढ़ती है तो वह मार्ग में पड़ने वाले पहाड़ी टीलों एवं कठोर शैल-खण्डों को काट-पीटकर एवं घिसकर छोटे तथा चिकने बना देती है। इस प्रकार घाटी तल में स्थित ऊबड़-खाबड़ चट्टानें हिम के घर्षण द्वारा घिसकर चिकने, चौरस एवं सपाट टीलों में बदल जाती हैं। ये टीले दूर से देखने पर भेड़ की पीठ की तरह दिखाई पड़ते हैं। अतः सीसर ने इन टीलों को भेड़-पीठ शैल (Sheep rocks) अर्थात् राँश मूटोने नाम दिया। फ्रांसीसी भाषा में राँश मूटोने का अर्थ भेड़ के आकार की शैल होता है। आल्प्स पर्वत की डोलोमाइट शैलों के घिस जाने से हिम-घाटियों में ऐसे गोलाकार टीले पाये जाते हैं। कॅनेडियन शील्ड एवं फिनलैण्ड में भी ऐसे पहाड़ी टीलों की रचना देखी जाती है।

भेड़-पीठ शैले कई आकार-प्रकार की होती हैं। इनमें कुछ लम्बी और अण्डाकार और कुछ अर्द्ध-चन्द्राकार एवं गुब्बारे की भाँति गोल होती हैं। इनका अभिमुख ढाल (Windward) तो चिकना होता है किन्तु प्रवाह-विमुख ढाल टूटा-फूटा और ऊबड़-खाबड़ बना रहता है, क्योंकि हिमनदी की तली का धरातल से पूर्ण सम्पर्क नहीं रह पाता। इस प्रकार शिलाओं का दृश्य विभिन्न दिशाओं से अलग-अलग दिखाई देता है। यदि ऊपर से देखा जाय तो चट्टानें सपाट, चिकनी और उन्नतोदर दिखाई देगी और नीचे से ऊपर की ओर देखने पर वे ही ऊबड़-खाबड़ दिखाई पड़ती हैं। इनके इस विषम रूप का फ्लकजोर (Fluckiger) नामक विद्वान ने पता लगाया था। इन भेड़-पीठ शिलाओं का रूप अलग-अलग जगह भिन्न-भिन्न होता है। कहीं तो ये ऊन के बोरे की तरह उठे रहते हैं तो कहीं आधे बेलन की तरह और कहीं बिल्कुल गोल गुब्बारे की तरह उभड़ी रहती हैं।

इन शिलाओं के निर्माण के सम्बन्ध में दो विचारधाराएँ प्रचलित हैं। प्राचीन मत के

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 344

अनुसार ये मेष-शिलाएँ हिमनदी द्वारा न काटे जा सकने वाले कठोर चट्टानी भागों के अवशिष्ट चिह्न हैं जिनके ऊपर होकर हिमनदियाँ गुजर चुकी हैं। ये हिमनदी द्वारा काट-छाँट की अपूर्णता

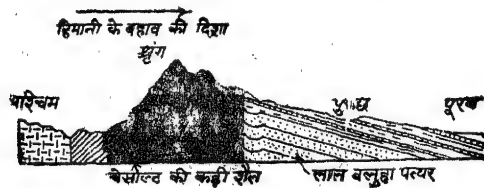


चित्र 270—मेष शिला (राँश मूटाने)

के द्योतक हैं और हिमनदी द्वारा क्षयात्मक विशेषताओं का प्रतिबिम्ब है। किन्तु प्रो० डेविस का कथन है कि भेड़-पीठ शिलाएँ हिमनदी के प्रवाह से पूर्व के स्थल रूप के अवशिष्ट भाग हैं, जिन्हें हिमनदी अपनी शक्ति से चौरस नहीं कर पायी है।

दूसरे मत के अनुसार इन शिलाओं की रचना में हिमनदी द्वारा क्षय होने की विशेषता छिपी है। हिमनदी लहरों के क्रम में आगे बढ़ती है और ज्योंही मार्ग में कोई ऊँचाई आयी, हिमनदी उसके ऊपर चढ़ने लगती है। इस चढ़ाव के समय हिम और चट्टान के बीच सीधा सम्पर्क होता है और क्षयात्मक-क्रिया अधिक तेजी से होने लगती है। फलतः अभिमुख ढाल पर सबसे अधिक दबाव पड़ता है और यह एक सिरे से दूसरे सिरे तक चिकना हो जाता है। हिम में फँसे हुए शिलाखण्डों से खरोंचें और धारियाँ पड़ जाती हैं। पीछे हटने समय हिम की कार्यशक्ति इतनी तेज नहीं होती, क्योंकि हिमनदी और चट्टान के बीच सम्पर्क बराबर लगातार नहीं होता। घर्षण केवल कुछ ही स्थानों पर तथा रुक-रुककर होता है, परिणामतः प्रवाह विमुख ढाल की चट्टान की काट-छाँट अलग-अलग स्थानों पर भिन्न-भिन्न होती है और सम्पूर्ण चट्टानी धरातल सीढ़ी जैसा हो जाता है।

भ्रूंग एवं पुच्छ (Crag and Tail)—जब हिमानी के मार्ग में कोई बहुत कठोर चट्टान आ जाती है तो वह उसे काट नहीं पाती। किन्तु कठोर चट्टान के अभिमुख ढाल के निकट कोमल



चित्र 271—भ्रूंग-पुच्छ एवं भू-आकृति

को भ्रूंग एवं पुच्छ भू-आकार (Crag and Tail Topography) कहते हैं।

चट्टानों को वह बहुत अधिक काट डालती है और दूसरी ओर यह शिला चूर्ण को जमा कर देती है। फलस्वरूप हिमानी के सामने वाला ढाल तो तीव्र हो जाता है और दूसरी ओर असंगठित अपोढ़ का लम्बी पूँछ के रूप में निक्षेप हो जाता है। अतः हिमानी की घाटी में ऐसे भू-आकार

फियोर्ड (Fiord)—उच्च अक्षांशों में कई बार हिमानियाँ समुद्रतटों तक पहुँच जाती हैं। यहाँ हिमानियाँ अपनी घाटियों को समुद्र-तल से अधिक गहरा काट देती हैं। इस प्रकार समुद्रा समुद्रतट अत्यधिक कट-फट जाता है। समुद्र में घुसी हुई ये हिम-घाटियाँ काफी लम्बी, चौड़ी एवं गहरी होती हैं। कहीं-कहीं ये 5000 से 6000 फुट तक गहरी पायी जाती हैं। प्रायः ये घाटियाँ सीधी होती हैं और किनारे खड़े ढाल लिए होते हैं। समुद्र में डूबी हुई इन हिम-घाटियों को ही फियोर्ड (Fiord) कहा जाता है। वर्तमान अत्यधिक गहरे फियोर्ड इस बात का संकेत करते हैं कि घाटी से हिम पिघल जाने के उपरान्त सम्भवतः वहाँ भूमि का अवतलन हुआ है।¹ संसार में मुख्यतः नाँर्वे, ग्रीनलैण्ड, लंब्रेडोर, अलास्का, चिली एवं न्यूजीलैण्ड के समुद्रतटों पर फियोर्ड पाये जाते हैं। वर्तमान समय में अलास्का के तट पर बनी कुछ खाड़ियाँ और टेकू (Taku) तथा रीड (Reid) जैसी खाड़ियाँ फियोर्ड की रचना का प्रारम्भ ही हैं।

हिमानी-नदीय अपरदन (Glacio fluvial Erosion)

जब किसी हिमानी प्रोथ (snout) अथवा हिम-चादर (ice sheet) से जल-धारा बह निकलती है तो उसका अपरदन पर उल्लेखनीय प्रभाव पड़ता है। यद्यपि यह प्रभाव मूलतः नदीय अपरदन से सम्बन्ध रखता है किन्तु यहाँ इसका उल्लेख इसलिए समीचीन होगा कि इसके परिणाम प्रायः सामान्य अपवाह विकास से बिल्कुल भिन्न होते हैं। उदाहरणतः, जब उत्तरी तथा मध्य यूरोप महाद्वीपीय हिमावरण से ढके हुए थे तो हिमावरण के दक्षिणी छोर बहुत कुछ पूर्व-पश्चिम फैले हुए थे। दक्षिण की ओर मध्य यूरोप की उच्च भूमि के अवरोधस्वरूप पिघले हुए जल की बहुत बड़ी राशि पश्चिम की ओर उत्तरी सागर (जब यह जमा हुआ नहीं था) में हिमावरण की सीमा के सहारे बहने को बाध्य हुई। इस प्रवाह से पश्चिम-पूर्व गतों (depressions) का विकास हुआ जो जर्मनी में अस्ट्रोमटेलर (Urstromtaler—प्राचीन नदी-घाटियाँ) और पोलैण्ड में प्राडोलिनी (Pradoliny) के नाम से प्रसिद्ध हैं। कालान्तर में ज्यों-ज्यों हिम-चादर का निवर्तन (retreat) हुआ त्यों-त्यों इन उथली और चौड़ी घाटियों के क्रम का विकास होता गया। ऐसी पाँच मुख्य रेखाओं का अनुरेखण (trace) किया जा सकता है। इनमें से चार बाल्टिक के अन्तिम हिमोढ़ के दक्षिण-पश्चिम में और एक पोमेरेनिया के पार उत्तर-पूर्व में हैं। वर्तमान में जो नदियाँ उत्तरी यूरोपीय मैदान को पार करती हैं उनकी सामान्य प्रवाह दिशा दक्षिण-पूर्व से उत्तर-पश्चिम है, किन्तु ये नदियाँ अनेक अस्ट्रोमटेलर के भागों का लाभ उठाती हैं। अस्ट्रोमटेलर के वे भाग जिनमें कोई जल-धाराएँ नहीं बहती उनमें जर्मनी की पश्चिम-पूर्व मिटललैण्ड (Mittelland) नहर प्रणाली बनाने में सहायता मिली है।

हिमानी का परिवहन कार्य (Transportation by Glaciers)

सामान्यतः हिमानियों की गति इतनी मन्द होती है कि वे गतिहीन-सी लगती हैं। अतः हिमानी द्वारा किया जाने वाला परिवहन-कार्य महत्त्वहीन प्रतीत होता है। किन्तु हिमानी की परिवहन शक्ति का प्रमाण हमें उन शिलाखण्डों से मिलता है जो अपने मूल स्थानों से सैकड़ों मील दूर हटा दिये गये हैं। इस प्रकार हिमानियों में भी नदियों की भाँति परिवहन की अपार शक्ति है। जिस प्रकार नदियाँ अपने साथ बड़ी मात्रा में शिलाखण्ड, कंकड़, पत्थर, बालू, बजरी एवं मिट्टी को परिवहित करती हैं, उसी प्रकार हिमानियाँ भी विशाल मात्रा में हिमोढ़ (moraines) को बहा ले जाती हैं। किन्तु हिमानी का परिवहन कार्य नदी के परिवहन से भिन्न प्रकार का होता

¹ P. G. Worcester : Text Book of Geomorphology, p. 219

है। हिमानियों की घाटियों में पार्श्विक अपरदन, तली अपरदन, हिम-शिलाओं के खण्डित होने तथा अपक्षय के कारण प्रचुर मात्रा में जलोढ़क (load) एकत्र हो जाते हैं, जो हिमानी द्वारा परिवहित होते हैं। हिमानी द्वारा परिवहित इन पदार्थों में बड़े-बड़े शिलाखण्ड, गोलाश्म, पाषाण बटियाँ (cobble stones), गिट्टियाँ, (pebbles), बजरी, बालू, शैल-चूर्ण, मृत्तिका एवं वनस्पति आदि हो सकते हैं। इस प्रकार हिम द्वारा ढोये गये पदार्थ स्थूलता एवं सूक्ष्मता के समस्त क्रमों (grades) के होते हैं। ये पदार्थ हिमानी के विभिन्न भागों में जकड़े हुए पाये जाते हैं। कुछ उसकी तली पर तलस्थ हिमोढ़ (ground moraines) के रूप में, कुछ किनारों के साथ पक्तिबद्ध रूप में पार्श्ववर्ती हिमोढ़ (lateral moraines) के रूप में, कुछ उसके अग्रभाग में अग्रान्तस्थ हिमोढ़ के रूप में बहते हैं। कुछ पदार्थ हिमानी की विभिन्न परतों के मध्य और कुछ हिमानी की ऊपरी सतह पर हिम में फँसा रहता है। इस प्रकार बड़ी मात्रा में पदार्थ हिमानी के विभिन्न भागों में फँसे हुए परिवहित होते हैं। हिमानी द्वारा परिवहित पदार्थ प्रारम्भ में नुकीले हो सकते हैं किन्तु जब वे गतिशील होते हैं तो उनका स्वरूप बदल जाता है। प्रायः स्थूल पदार्थ पारस्परिक घर्षण से गोल तथा चिकने हो जाते हैं। उनके तल पर रेखाएँ खिच जाती हैं। बहुत से पदार्थ घिसकर चूर-चूर हो जाते हैं। हिमानियों द्वारा परिवहित इन पदार्थों के निक्षेप से स्थलाकृति में महान परिवर्तन होते हैं।

हिमानी का निक्षेप कार्य

हिमानी के अपरदन कार्यों के फलस्वरूप उसका नितल विभिन्न प्रकार के चट्टानी पदार्थों से भरा रहता है। बहुत-से चट्टानी पदार्थ हिमानी के ऊपरी तल अथवा उसके मध्य में फँसे रहते हैं। हिमानी द्वारा ढोये जाने वाले इन पदार्थों में गोलाश्म, शिलाखण्ड, कंकड़, बजरी, बालू एवं मृत्तिका आदि सभी प्रकार के पदार्थ होते हैं। हिम के अतिरिक्त हिम के पिघलने से बनी जलधाराएँ भी इनको परिवहित करने में बड़ा योग देती हैं। हिमानी इन सब पदार्थों को परिवहित कर उस स्थान पर निक्षेपित कर देती है जहाँ हिम पिघलने लगता है। हिमानी द्वारा किये गये इन निक्षेपों से स्थलाकृति में अभूतपूर्व परिवर्तन हो जाता है।

हिमानी द्वारा निक्षेपित पदार्थों को अपोढ़ (Drift) कहा जाता है। अपोढ़ में मूल हिमानी पदार्थ एवं नदीय-हिमानी मलबा (Fluvio-glacial debris) दोनों सम्मिलित किये जाते हैं। इस प्रकार नदीय-हिमानी धाराओं द्वारा निक्षेपित अवक्षेप बालू तथा कंकड़ भी अपोढ़ ही कहलाते हैं। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि यूरोपीय महाद्वीप का 36 प्रतिशत क्षेत्र एवं उत्तरी अमरीका का 23 प्रतिशत क्षेत्र अपोढ़ से ढका हुआ है।¹ हिम निक्षेपित अपोढ़ लम्बी पहाड़ियों के रूप में अथवा असमान और ऊँची-नीची क्षैतिज तलों के रूप में पड़ा हुआ हो सकता है। पृथ्वी के चतुर्थ कल्प में धरातल पर कई बार हिमावरण हुआ। अतः यूरोप में विभिन्न कालों में निक्षेपित पदार्थों के बीच प्राचीन और नवीन अपोढ़ के रूप में भेद किया जाता है।

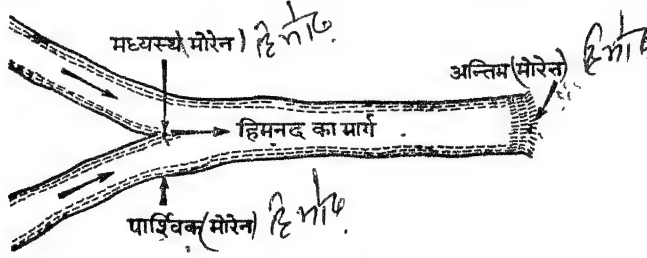
हिमानी निक्षेप द्वारा बने भू-आकार

पार्श्ववर्ती हिमोढ़—जब किसी घाटी हिमानी की हिम पिघलने लगती है तो उसके तल के पार्श्विक हिमोढ़ घाटी के किनारों के समीप छूट जाते हैं। घाटी हिमानी के किनारों के समीप एकत्रित इस मलबे की कटक (ridge) को ही पार्श्ववर्ती हिमोढ़ कहा जाता है। प्रायः ये हिमोढ़ एक सीधी रेखा में होते हैं। कई बार हिमनदित घाटी के समान्तर इन हिमोढ़ों की दो या तीन कटकेँ एक साथ जमी हुई देखी जाती हैं। हिमोढ़ की ये कटकेँ प्रायः घाटी की ओर एक समान और चिकने ढाल वाली होती हैं। ये हिमोढ़ सामान्यतः 100 फुट से अधिक ऊँचे पाये जाते हैं। अलास्का में

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 195

कई स्थानों पर इन हिमोढ़ों की ऊँचाई 1,000 फुट तक देखी गयी है। ये हिमोढ़ अपनी संरचना और मिश्रण में अन्तिम हिमोढ़ के सदृश होते हैं।

मध्यवर्ती हिमोढ़—जब दो हिमानियाँ परस्पर मिलती हैं और सगम-स्थल पर उनके भीतर की किनारों के पार्श्ववर्ती हिमोढ़ मिलकर एक हो जाते हैं। इस प्रकार हिमानी के मध्यवर्ती भाग में



चित्र 272—हिमोढ़ के प्रकार

हिमोढ़ के टीले बन जाते हैं। इनको मध्यवर्ती हिमोढ़ कहा जाता है। ये हिमोढ़ एक सकीर्ण कटक के रूप में हिमानी की प्रवाह दिशा में स्थित होते हैं। कभी-कभी ये हिमोढ़ हिम-प्रवाह के नीचे दब जाते हैं। प्रायः इन हिमोढ़ों को भूमि पर पहचान पाना कठिन होता है। जब हिम नष्ट हो जाता है तो हिमोढ़ का निक्षेप हो जाता है, किन्तु इनमें तलस्थ हिमोढ़ का मलवा या अवक्षेप बालू व मिट्टी में मिल जाते हैं। जहाँ कहीं ये मिलते हैं ये अविकसित कटक के रूप में घाटी के मध्य में स्थित होते हैं।

तलस्थ हिमोढ़—जब कोई हिमानी शीघ्रता से पिघलने अथवा पीछे हटने लगती है तो वह अपने द्वारा ढोये गये मलवे को घाटी-तल पर बिना किसी क्रम के इधर-उधर फैला देती है। इस प्रकार निक्षेपित मलवे को तलस्थ हिमोढ़ कहा जाता है। ये अग्रान्तस्थ हिमोढ़ की भाँति पट्टियों अथवा समूह में वितरित नहीं होते, अपितु ये अपोढ़ की हल्की चादर के रूप में भूमि को ढक लेते हैं। संरचना की दृष्टि से ये पार्श्ववर्ती हिमोढ़ की भाँति ही होते हैं। इनमें शूल-चूर्ण के साथ-साथ धारीदार एवं खरोंचपूर्ण गोलाश्म भी होते हैं। सामान्यतः तलस्थ हिमोढ़ पतले होते हैं, इस कारण उनका ऊपरी तल नीचे उभार (lower relief) वाला होता है। चूँकि हिमानी द्वारा ढोये गये मलवे की मात्रा एकसमान नहीं होती इसलिए तलस्थ हिमोढ़ की मोटाई भी एक जैसी नहीं होती। सामान्यतः महाद्वीपीय हिमानी के केन्द्र से दूर ये अधिक मोटे होते हैं किन्तु उनके किनारों के समीप ये पतले होते हैं। किनारों के समीप हिम-जल के अपरदनस्वरूप ये बहा दिये जाते हैं। प्रायः इनका ऊपरी तल बड़ा ऊँचा-नीचा होता है। उनके ऊपर टीलों एवं गतों की भरमार होती है। अतः एक विशिष्ट तलस्थ हिमोढ़ के प्रदेश में—जैसे विसकनसिन, मिनीसोटा, मिनीटोबा और कनाडा के उत्तरी-पश्चिमी क्षेत्र—हिमोढ़ द्वारा निर्मित गतों में हजारों झीलें एवं दलदल पाये जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका एवं कनाडा में तलस्थ हिमोढ़ का क्षेत्र अन्य सभी प्रकार के हिमोढ़ एवं हिमानी नदीय निक्षेपों के सम्मिलित क्षेत्र से भी अधिक है। महाद्वीपीय हिमानियों की तुलना में घाटी हिमानियों द्वारा निक्षेपित तलस्थ हिमोढ़ का क्षेत्र बहुत छोटा होता है।

अग्रान्तस्थ हिमोढ़—महाद्वीपीय अथवा घाटी हिमानियों के अन्तिम छोर पर जब हिम पिघलती है अथवा हिम पीछे हटती है तो हिमानी द्वारा परिवहित अपोढ़ वहाँ एकत्रित हो जाती है। हिमानियों के छोर पर एकत्रित इस अपोढ़ की मोटी राशि को ही अग्रान्तस्थ हिमोढ़ कहा जाता है। इन हिमोढ़ों का निक्षेप प्रायः श्रेणियों के रूप में होता है। प्रत्येक श्रेणी अर्द्ध-चन्द्राकार होती

है। ये श्रेणियाँ अपनी लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई में विभिन्न होती हैं। ये सैकड़ों फुट ऊँची और पर्याप्त चौड़ी होती हैं। परस्पर मिले हुए मेहराब की भाँति हिमोढ़ की ये श्रेणियाँ सैकड़ों और



चित्र 273—हिमोढ़ और हिमोढ़-निमित्त झीलें

हजारों मील तक फैली रहती हैं। हिमोढ़ के इन निक्षेपों का ऊपरी तल बहुत ही ऊँचा-नीचा और असमान होता है। इनके तल पर असंख्य छोटे-छोटे गर्त, पहाड़ियाँ और कटकें होती हैं।

अग्रान्तस्थ हिमोढ़ अपनी संरचना और मिश्रण से एक जैसे नहीं होते। विभिन्न स्थानों पर निक्षेपित इन हिमोढ़ों में भिन्नता पायी जाती है। कुछ स्थानों पर अपोढ़ केवल ठोस चीका-मात्र



चित्र 274—टीले एवं गर्त भू-आकार

होती है, कुछ स्थानों पर चीका के साथ गोलाश्म मिले हुए पाये जाते हैं और कुछ स्थानों पर बालू या बालू और गोलाश्म मिलते हैं। ये सब पदार्थ समस्त सम्भावित अनुपातों में एक-दूसरे के साथ मिल जाते हैं। सस्केचवान, अलबर्टा और बड़ी झीलों के क्षेत्र में ऐसे हिमोढ़ के तल पर प्रति वर्गमील हजारों गोलाश्म पाये जाते हैं। मिशीगन के समीप 8 से 10 फुट बड़े गोलाश्म ही मिलते हैं। इन उदाहरणों से यह प्रकट होता है कि इन हिमोढ़ों की कुल मोटाई में कैसे पदार्थ मिल सकते हैं। सामान्यतः ये हिमोढ़ स्तरहीन होते हैं और पदार्थों का कोई क्रम नहीं होता। लेकिन अनेक स्थानों पर विशेषतः हिमोढ़ के छोरों पर झीलों में निक्षेपित मिट्टी की असम्मित किन्तु

स्तरयुक्त तहें अथवा अवक्षेप मैदान में बालू और बजरी की तहें पायी जाती हैं। बालू, बजरी एवं मिट्टी की इन तहों के बीच अपोढ भी पायी जाती हैं। कुछ हिमोढ बहुत ही स्पष्ट और समान्तर श्रेणियों के रूप में मिलते हैं किन्तु हिम आगे-पीछे हटने के कारण इनकी रूपरेखा प्रायः टेढ़ी-मेढ़ी होती है। कहीं पर ये श्रेणियाँ बहुत ही साधारण मन्द ढालयुक्त और चिकने तल वाली होती हैं, परन्तु कई स्थानों पर ये बहुत ही जटिल टीलों और कटकों के रूप में जिनके बीच-बीच में गर्त स्थित रहते हैं, फैली हुई रहती हैं। जहाँ कहीं इन हिमोढों में केटलीनुमा गर्त अधिक मिलते हैं वहाँ उन्हें **केटल हिमोढ (Kettle Moraine)** कहा जाता है और उससे उत्पन्न स्थलाकृति को **टीले एवं गर्त भू-आकार (Knob and Basin or Kettle and Hummock Topography)** कहा जाता है। जो हिमोढ केवल चीका द्वारा निर्मित होते हैं, उनमें केटल गर्त अल्प रूप में पाये जाते हैं और उनका ढाल मन्द होता है। जो हिमोढ गोलाश्म एवं कंकड़-पत्थर द्वारा निर्मित होते हैं उनका ढाल बहुत तीव्र होता है। यह तीव्र ढाल बर्फ की ओर होता है। इनके बीच केटल गर्त, झीलें, पोखर एवं दलदल की प्रचुरता पायी जाती है।

अवकाशी हिमोढ (Recessional Moraines)—ऐसे हिमोढों की रचना हिम के कुछ बढ़ने और पीछे हटने के समय होती है। जब कोई हिमानी पीछे हटते समय किसी स्थान पर थोड़े समय के लिए ठहर जाती है तो पूर्व-निक्षेपित अग्रान्तस्थ हिमोढ से कुछ पीछे हटकर दूसरे अग्रान्तस्थ हिमोढ का टीला बन जाता है। इस प्रकार हँसियाकार टीलों की एक अनियमित पंक्ति बन आती है जिसे अवकाशी हिमोढ कहते हैं। इन टीलों के पीछे हिमानी का पिघला हुआ जल एकत्रित हो जाने पर झीलें बन जाती हैं।

अपक्षरण हिमोढ (Ablation Moraines)—जब पर्वतीय किनारों से शिलाखण्ड एवं विभिन्न आकार-प्रकार के पत्थर टूटकर हिमानियों के तल पर गिर जाते हैं तो वे हिम में मिलकर सतह पर बहते हुए चलते हैं। ऐसे हिमोढ को अपक्षरण हिमोढ कहा जाता है। ग्रीनलैण्ड में बहने वाली हिमानियों के ऊपर ऐसे हिमोढ विशेष रूप से देखे जाते हैं।

अन्तर्हिमानी हिमोढ (Englacial Moraines)—जो हिमोढ हिमानी की हिम में फँसा हुआ होता है और जिससे ठोस हिम में स्तर बन जाते हैं उसे अन्तर्हिमानी हिमोढ कहते हैं। इनका कोई निक्षेपीय भू-आकार नहीं होता।

अधोहिमानी हिमोढ (Sub-glacial Moraines)—जो हिमोढ हिमानी की तली के समीप मिलते हैं वे अधोहिमानी हिमोढ कहलाते हैं।

गोलाश्म मृत्तिका (Boulder Clay)—जब कोई हिमानी पिघलने लगती है तो उसके द्वारा दो प्रकार के निक्षेप होते हैं। एक तो हिमानी से निकली जलधाराओं द्वारा और दूसरा स्वयं हिम द्वारा। हिमानी से निकली जलधाराओं का निक्षेप परतदार और व्यवस्थित होता है जैसा कि अवक्षेप मैदान में देखा जाता है, परन्तु हिम द्वारा निक्षेपित पदार्थ अव्यवस्थित और बिना किसी क्रम के होता है। इसमें मिट्टी से लेकर गोलाश्म तक सभी श्रेणी के पदार्थ होते हैं। हिम के ऐसे निक्षेप को गोलाश्म मृत्तिका (Boulder clay or Till) कहा जाता है।

यह मिट्टी काफी मोटी और बिना परतों वाली होती है। इसमें एकरूपता का भी अभाव रहता है। इसमें कई प्रकार की चट्टानों के टुकड़े मिले रहते हैं। अतः इसकी बनावट और रंग विभिन्न प्रकार के होते हैं। इसमें महीन चीका से लेकर कई फुट व्यास के पत्थर तक मिलते हैं। इसका निक्षेप कई फुट गहरा होता है। परन्तु इसकी ऊपरी कुछ इंच मिट्टी ही खेती योग्य होती है। इसमें पाये जाने वाले मिट्टी के ढोके रगड़ के कारण चिकने और धारीदार हो जाते हैं। महाद्वीपीय हिमानियों द्वारा निक्षेपित तलस्थ हिमोढ ऐसा ही होता है। अतः गोलाश्म मृत्तिका के विशाल क्षेत्र संयुक्त राज्य अमरीका और उत्तरी यूरोप में देखे जाते हैं।

विस्थापित शिलाखण्ड (Erratic Blocks)—हिमानी के साथ बहकर अथवा लुढ़ककर बहुत से रोड़े आते हैं। कभी-कभी ये रोड़े बहते हुए बहुत दूर पहुँच जाते हैं और हिम के पिघलने पर वही छूट जाते हैं। फलतः ये रोड़े आस-पास की चट्टानों से सर्वथा भिन्न होते हैं। अतः इन्हें विस्थापित शिलाखण्ड कहा जाता है। संयुक्त राज्य अमरीका के उत्तरी राज्यों में इनकी बहुलता देखी जाती है।

दुःस्थित शिलाखण्ड (Perched Blocks)—जब कभी कोई हिमानी पिघलने लगती है तो कभी-कभी कुछ पार्श्विक हिमोढ़ के शिलाखण्ड तलहटी के किनारों पर विलक्षण दशा में चिपके रह जाते हैं। इनको दुःस्थित शिलाखण्ड कहते हैं। ये शिलाखण्ड चूँकि अपेक्षाकृत छोटी-सी जगह पर



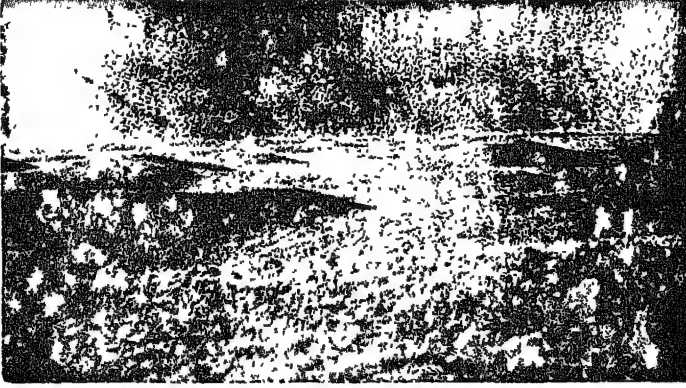
चित्र 275—दुःस्थित शिलाखण्ड

स्थित होते हैं इसलिए उनका भार भली प्रकार सन्तुलित रहता है। इनको छूने पर प्रायः ये आगे-पीछे हिलने लगते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका के न्यू इंग्लैण्ड राज्य की पहाड़ियों पर ऐसे शिलाखण्ड बहुत पाये जाते हैं। कभी-कभी ये शिलाखण्ड हिमानी निक्षेप के ऊपर बड़ी तरतीब से ठहरे रह जाते हैं। ऐसी अवस्था में इन्हें फुन्सी पत्थर (pocking stones) कहते हैं।

हिमनदोढ़ गिरि (Drumlins)—हिमनदोढ़ गिरि तलस्थ हिमोढ़ का एक विशिष्ट भू-रूप है। जब तलस्थ हिमोढ़ का थोड़ी-थोड़ी दूरी पर अण्डाकार टीलों के रूप में निक्षेप होता है तो उन्हें हिमनदोढ़ गिरि¹ कहा जाता है। इनकी तुलना उल्टी नौकाओं से की जा सकती है। इनकी लम्बी पूँछ हिम-प्रवाह के समान्तर होती है। हिमानी के सम्मुख वाले भाग में इन टीलों अथवा पहाड़ियों का ढाल तीव्र एवं खुरदरा होता है जबकि विपरीत भाग में ढाल साधारण और चिकना होता है। इस प्रकार हिमनदोढ़ गिरि अपनी आकृति में मेष शिलाओं से उल्टी होती है। मेष शिलाओं और हिमनदोढ़ गिरि में एक अन्तर और भी है। मेष शिलाओं की रचना कठोर स्थलखण्ड अथवा चट्टान के घिस जाने से होती है परन्तु हिमनदोढ़ गिरि की रचना बालू, बजरी एवं गोलाश्म मृत्तिका जैसे असंगठित पदार्थों से होती है।

1. "Drumlins are smooth, oval hills composed mainly of till but sometimes including lenslike masses of gravel and sand."
—A. K. Lobeck

हिमनदोढ़ गिरि अपने आकार एवं ऊँचाई में कई प्रकार के होते हैं। अधिकांश हिमनदोढ़ गिरि अपनी लम्बाई में चौड़ाई से दुगुने अथवा पाँच गुने लम्बे होते हैं। सामान्यतः इनकी लम्बाई $\frac{1}{2}$ मील से $1\frac{1}{2}$ मील के बीच पायी जाती है। ऊँचाई में ये 20 फुट से 120 फुट के बीच होते हैं।¹



चित्र 276—ड्रमलिन व गोलाश्म

हिमनदोढ़ गिरि सदैव समूह में पाये जाते हैं। प्रायः सैकड़ों हिमनदोढ़ गिरि एक साथ मिलते हैं। दक्षिणी-पूर्वी विसर्गसिन् में लगभग 10,000 हिमनदोढ़ गिरि फैले हुए हैं। इसी प्रकार मिशीगन के अन्दर भी इनका बहुत बड़ा समूह मिलता है।

हिमनदोढ़ गिरि के कई रूप और प्रकार हैं। कई बार दो, तीन या उससे भी अधिक हिमनदोढ़ गिरि परस्पर मिले हुए पाये जाते हैं। इस प्रकार छोटे हिमनदोढ़ गिरि के पृष्ठ-भाग बड़े हिमनदोढ़ गिरि के ऊपर और पार्श्व निकटवर्ती हिमनदोढ़ गिरि पर झुके हुए रहते हैं। कुछ हिमनदोढ़ गिरि पहाड़ियों के नीचे चट्टानी आधार होता है और उनके ऊपर पतली गोलाश्म मृत्तिका की परत जमी हुई मिलती है। ऐसे हिमनदोढ़ गिरि चट्टानी हिमनदोढ़ गिरि (Rock Drumlins) कहलाते हैं। कई बार हिमनदोढ़ गिरि आपस में मिल जाते हैं जिससे हिमनदोढ़ गिरि उच्च प्रदेश (Drumlin uplands) की रचना होती है।

हिमनदोढ़ गिरि की उत्पत्ति के सम्बन्ध में कई एक मत हैं। कुछ हिमानी शास्त्रवेत्ताओं की धारणा है कि इनकी रचना बर्फ के नीचे विशिष्ट अवस्थाओं में हुई है। लेकिन कुछ विद्वानों का मत है कि इनकी रचना बहुत कुछ मेष-शिलाओं की भाँति पुराने अपोढ़ के अपरदन के फलस्वरूप हुई है। पहले मत के अनुसार जो हिमानियाँ अपने साथ प्रचुर हिमोढ़ बहा लाती हैं, वे इनका निर्माण करती हैं। हिमोढ़ हिमानी में स्थान-स्थान पर दरार अथवा छिद्र बनाकर तली में एकत्रित होता है। हिम चादर के नीचे हिमोढ़ का यह निक्षेप हिमानी के पीछे हट जाने के उपरान्त हिमनदोढ़ गिरि का दृश्य उपस्थित करता है। डेविस का कहना है कि वे हिमनदोढ़ गिरि जलधारा में बलुही रोधिका (Sand Bars) के समान हैं।² इसके विपरीत लिब्रेटी (Leverett) ने इनकी तुलना ऐसी शेल पहाड़ियों से की है जो हिमानी द्वारा खुरच दी गयी है। उसने हिमनदोढ़ गिरियों पर हिम-प्रवाह की दिशा में बने खाँचों, नालियों और लम्बी धारियों की ओर भी ध्यान आकर्षित किया है। इस प्रकार लिब्रेटी की मान्यता है कि अवकाशीय हिमोढ़ के ऊपर पुनः हिमानी के बढ़

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 311

² A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 307

आने से ही हिमनदोढ़ गिरियों का निर्माण होता है। वारसेस्टर ने भी इस मत को स्वीकार किया है।

जहाँ कहीं भी हिमनदोढ़ गिरि पाये जाते हैं वहाँ की भौतिक रचना अण्डाकार टीलों जैसी होती है। अतः दूर से देखने पर हिमनदोढ़ गिरि प्रदेश टोकरी में रखे हुए अण्डों के सदृश्य प्रतीत होता है। इसलिए ऐसे भू-रूप को अण्डों की टोकरी की स्थलाकृति (Basket of eggs topography) कहा जाता है। ऐसे प्रदेश का जल-प्रवाह न तो नियमित होता है और न निश्चित ही। परिणामस्वरूप दो टीलों के बीच की भूमि में दलदल बन जाते हैं। हिमनदोढ़ गिरि संयुक्त राज्य



चित्र 277—अण्डों की टोकरी की स्थलाकृति

अमरीका में अधिक पाये जाते हैं। इनके समूह मुख्यतः दक्षिणी-पूर्वी विसकंसिन, ओण्टेरियो झील के दक्षिणी छोर के सहारे, उत्तरी न्यूयॉर्क और उत्तरी मिशीगन में मिलते हैं।

हिमानी-नदीय निक्षेप

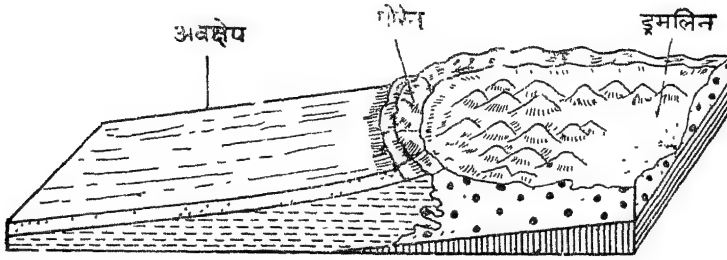
(Glacio-fluvial Deposits)

जब किसी हिमानी सतह से हिम पिघलता है तो वह या तो सतह पर ही धाराएँ बनाकर बहने लगता है या वह हिम-कूप (mouhim) द्वारा उसकी तली में पहुँच जाता है और वहाँ सुरंग बनाकर बहने लगता है। हिमानी के अन्तिम छोर के समीप विशेषतः हिम-चादरो के बाह्य सिरों के निकट बड़ी मात्रा में हिम के पिघलने से अनेक बड़ी-बड़ी जल-धाराओं की उत्पत्ति हो जाती है। ये हिम के पिघलने से बनी जल-धाराएँ अपने साथ हिमानी द्वारा परिवहित सभी प्रकार के अपोढ़ (drift) एवं गोलाग्रम मृत्तिका (till) को बहा ले जाती हैं। जब हिम जल-धाराएँ अन्तिम हिमोढ़ को काटकर अपना मार्ग बनाती हैं तो उनके जल में जलोढ़क (load) की मात्रा और भी बढ़ जाती है। इन सब पदार्थों में से कुछ अंश तो जल-धाराएँ हिमानी के सिरे के निकट जमा कर देती हैं और कुछ को वह दूर तक बहा ले जाती हैं। इस प्रकार हिम जल-धाराओं द्वारा परिवहित पदार्थ विभिन्न अवस्थाओं और विभिन्न रूपों में जमा हो जाता है। इस निक्षेपण के कारण मूल घरातल की स्थलाकृति बिल्कुल बदल जाती है। हिमानी-नदीय निक्षेप से जिन भू-आकारों की रचना होती है उनका उल्लेख नीचे किया जा रहा है :

अवक्षेप मैदान (Outwash Plain)—ये मैदान हिमानी के अग्रभाग में अन्तिम हिमोढ़ अथवा हिम-चादरो के बाह्य किनारों के बाहर हिम-जल द्वारा निर्मित होते हैं। हिमानी के पिघलने पर जो हिम-जल बनता है वह जब अन्तिम हिमोढ़ से होकर गुजरता है तो हिमोढ़ के पदार्थों को हिम घाटी के आगे के भाग में चादरवत फैला देता है। पदार्थों का निक्षेपण क्रमपूर्वक होता है। ऊपरी भाग में कंकड़ व खुरदरे पत्थर, मध्य भाग में बालू और सिरे पर बारीक मृत्तिका बिछी होती है। इस प्रकार हिम-जल द्वारा निक्षेपित पदार्थों से पंखे की आकृति का मैदान बन जाता है। इस मैदान को ही अवक्षेप मैदान कहा जाता है। इन मैदानों का क्षेत्रफल मोटाई और ऊपरी तल का

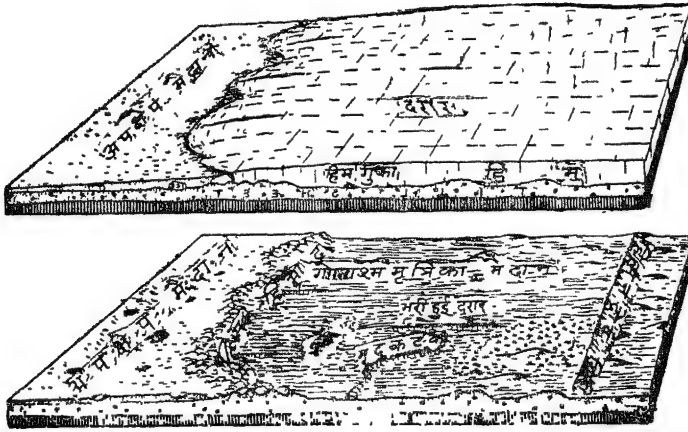
1 P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 313

ढाल अपने नीचे की भूमि, हिमानी की बर्फ और हिमोढ़ की मोटाई जिनसे होकर हिम जल-धाराएँ बहती हैं, आदि बातों पर आधारित है। कई अवक्षेप मैदान लगभग इतने समतल होते हैं कि उन्हें सहज ही झीलकृत मैदान समझा जा सकता है। किन्तु इनके ऊपरी तल का ढाल जो प्रति मील 10 फुट या अधिक होता है—इनकी उत्पत्ति को इंगित कर देता है।¹ फिर अन्तिम हिमोढ़



चित्र 278—हिमानी द्वारा निर्मित अवक्षेप मैदान

के निकट इनकी स्थिति और उन पदार्थों का मिश्रण जो इनको बनाते हैं, इनकी उत्पत्ति को स्पष्ट कर देते हैं। जहाँ ये मैदान ठीक अन्तिम हिमोढ़ से लगे हुए होते हैं, वहाँ इनका निर्माण करने वाले पदार्थों में कंकड़ों की अधिकता और मृत्तिका की कमी रहती है। अतः ऐसे मैदानों को अवक्षेप कंकड़ के मैदान (outwash gravel plain) कहते हैं। अन्तिम हिमोढ़ से दूरी बढ़ने के साथ-साथ



चित्र 279—हिमानी द्वारा निर्मित मैदान

अपेक्ष अधिक उम्दा होती जाती है। इन मैदानों के बाह्य सिरे पर अधिकांशतः उम्दा बालू और काँप बिछी होती है। चोका भी इसमें सम्मिलित होती है। अतः यहाँ मैदान की रचना ठीक बाढ़ के मैदान की भाँति ही होती है। इसलिए इन्हें यहाँ अवक्षेप जलोढ़ पंख (Outwash Alluvial Fan or Delta) कहा जाता है।

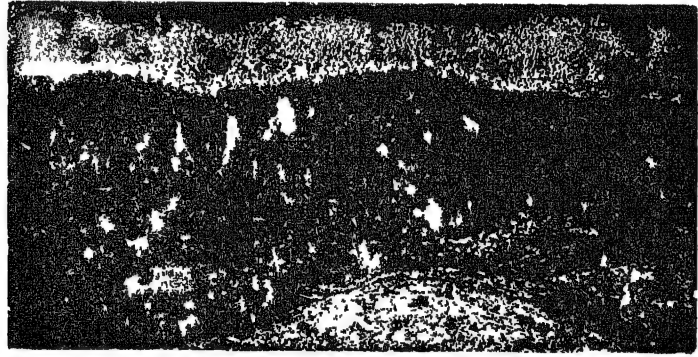
जैसा कि ऊपर बताया गया है, भिन्न-भिन्न स्थानों पर अवक्षेप मैदान का विस्तार भिन्न-भिन्न होता है। जहाँ कहीं हिमानी का आक्रमण बड़ा प्रभावशाली होता है वहाँ इनका विस्तार विशाल क्षेत्र में होता है। इन मैदानों में प्रायः गड्ढे (kettles) पाये जाते हैं। इन गड्ढों में पानी

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 313

भर जाने से झीले बन जाती है। अतः ऐसे मैदानों को गर्त वाले अवक्षेप मैदान (pitted outwash plains) कहते हैं।

घाटी हिमोढ़ (Valley Train)—जब कोई हिमानी पिघलने लगती है तो उसके नीचे जल-धाराएँ उत्पन्न हो जाती हैं। ये जल-धाराएँ अपने साथ पथरीले अपोढ की विशाल राशि को बहा ले जाती हैं और घाटी में जहाँ-तहाँ निक्षेपित कर देती हैं। घाटी में पथरीले अपोढ के इसी निक्षेप को **घाटी निक्षेप (Valley Train)** कहा जाता है। यद्यपि इनकी रचना अवक्षेप मैदान के सदृश ही होती है, किन्तु इनका विस्तार घाटी की दीवारों तक सीमित रहता है।

कंकतगिरि (Kames)—हिमानी के अग्रभाग से निकलने वाली जल-धाराएँ बहुधा बजरी एवं बालू को ऊँचे-नीचे टीलों के रूप में जमा कर देती हैं। बालू एवं बजरी के इन ऊँचे-नीचे टीलों को ही **कंकतगिरि** कहा जाता है। इनका निर्माण पार्श्व तथा तलस्थ हिमोढ़ से होता है। ये प्रायः तलीय दरारों के भर जाने से बनते हैं। इनमें बालू तथा बजरी का क्रमिक निक्षेप होता है। अतः ये टीले स्तरयुक्त (stratified) होते हैं। इनका निर्माण असमान रूप से होता है जिससे इनकी



चित्र 280—कंकतगिरि

ऊँचाई 100 से 200 फुट तक होती है। कुछ स्थानों पर कंकतगिरि इतने प्रभूत मात्रा में और ऐसे रूपों में फैले हुए पाये जाते हैं कि उन्हें कंकत श्रेणी (Kame ridge), कंकत हिमोढ़ (Kame-moraines) अथवा कंकत वेदिका (Kame terraces) कहा जाता है।

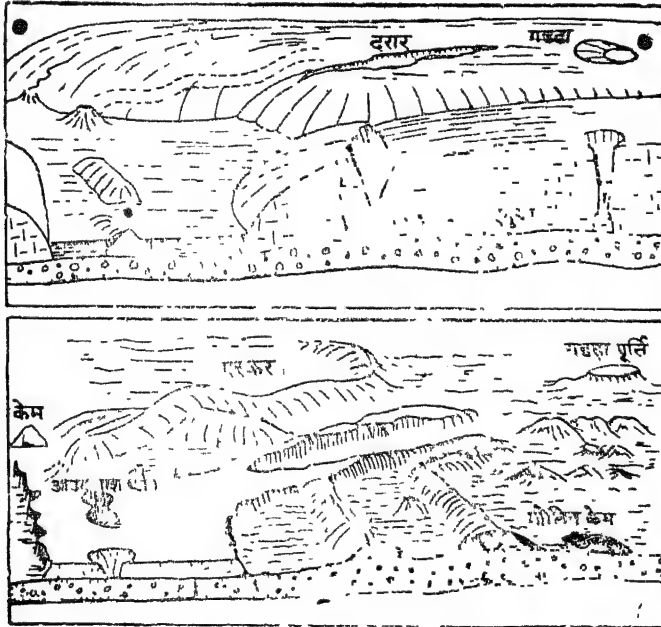
हिमनद मृदकटक या एस्कर (Esker)—हिमानी-नदीय निक्षेप द्वारा बने भू-आकारों के मृदकटक सबसे विचित्र भू-आकार हैं। यह हिमानी की प्रवाह दिशा में बनी एक लम्बी, संकीर्ण और चिकने तल वाली श्रेणी होती है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि इनकी रचना हिमानी में बनी सुरगों में बहने वाली धाराओं के निक्षेपण द्वारा होती है। हिमानी के अन्दर बहने वाली धाराएँ हिमानी के बारीक अपोढ को बहा ले जाती हैं। जब बालू एवं मिट्टी से ये धाराएँ अवरुद्ध हो जाती हैं तो उनकी गति मन्द पड़ जाती है और फलस्वरूप बालू एवं मिट्टी का निक्षेप होता है। हिम के पिघल जाने के उपरान्त बालू एवं मृत्तिका के ये निक्षेप ही मृदकटक का रूप लेते हैं। कुछ लोगों की यह भी मान्यता है कि मृदकटको (Eskers) की रचना बर्फ के ऊपर बनी धाराओं में होती है और हिम के पिघलने के साथ यह नीचे बैठती जाती है। चाहे कुछ भी हो, यह स्पष्ट है कि इनकी रचना हिमानी-नदीय निक्षेप के कारण होती है। सामान्यतः ये तलस्थ हिमोढ़ की स्थलाकृति से सम्बन्धित देखे जाते हैं। कभी-कभी निचले छोर अन्तिम हिमोढ़ से जा मिलते हैं।

साधारणतः मृदकटक बालू, बजरी एवं मिट्टी से निर्मित एक लम्बी अथवा टेढ़ी-मेढ़ी सर्पाकार श्रेणी होती है।¹ इनकी ऊँचाई अधिक नहीं होती। प्रायः ये 200 से 300 फुट चौड़ी होती



चित्र 281—हिमानी-निर्मित एस्कर

हैं। इनकी लम्बाई 5 से 20 मील और चौड़ाई 20 से 50 फुट तक देखी जाती है। सामान्यतः



चित्र 282—हिमानी नदियों द्वारा निर्मित भू-आकार

¹ "These are long, low, narrow ridges composed of stratified sand, silt and gravel that occasionally are found parallel with the walls of glaciated valleys."
—P. G. Worcester.

इनके पार्श्व ढाल और ऊपरी सिरा सँकरा तथा गोलाकार रूप में होता है। इनकी टेढ़ी-मेढ़ी पंक्तियाँ बाँध की भाँति दिखाई पड़ती हैं। इनसे सम्पूर्ण दृश्य लहरदार और ऊँचा-नीचा हो जाता है। कभी-कभी मृदकटक ढाल के ऊपर और कभी ढाल के नीचे की ओर उतरते हुए प्रतीत होते हैं। स्केण्डिनेविया में ऐसी मृदकटकों को ओसार (Osar) कहा जाता है। पर वस्तुतः 'एस्कर' आयरिश भाषा का शब्द है जिसका अर्थ पथ से होता है। इससे यह स्पष्ट होता है कि हिम प्रभावित भागों में ये एस्कर (मृदकटक) पथ के रूप में काम में आते हैं।

साधारणतः मृदकटक हिमानी के किनारों के समीप बनते हैं। कुछ मृदकटक मध्यवर्ती एवं पार्श्ववर्ती हिमोढ़ के मध्य भी स्थित होते हैं। अधिकांश मृदकटक नीचे दलदली मैदानों में पाये जाते हैं। इन कटकों के एक या दोनो ओर भूमि कई बार बड़े गतों के रूप में पायी जाती है। इन्हें मृदकटक द्रोणिका (Easker trough) कहा जाता है। मृदकटक प्रायः सभी प्रकार की भूमि पर पाये जाते हैं। इन पर तल की स्थलाकृति का कोई प्रभाव नहीं होता। ये सैकड़ों फुट ऊँची पहाड़ी पर भी चढ़ते हुए देखे जाते हैं। कई मृदकटक अवकाशी हिमोढ़ के नीचे भी दबे हुए मिलते हैं। ये प्रायः डेल्टा में जा मिलते हैं।

मृदकटक की रचना हिम-वर्षण से उपलब्ध शिला-चूर्ण से होती है। अतः हिमानी के पीछे हटने की विशेषताओं के अनुसार इनके भिन्न-भिन्न रूप हो जाते हैं :

(1) मृदकटक पंख (Easker Fan)—जो मृदकटक अग्रान्तस्थ हिमोढ़ के निकट पंखे के आकार में बने होते हैं उन्हें मृदकटक पख कहा जाता है।

(2) मृदकटक डेल्टा (Easker Delta)—जब मृदकटक की रचना किसी स्थिर जल-राशि में होती है तो इनके सामने तो ढाल हो जाता है तथा ऊपर का भाग चौरस व सपाट होता है। मृदकटक के ऐसे रूप को मृदकटक डेल्टा कहा जाता है।

(3) अनुगामी मृदकटक (Easker Trail)—कभी-कभी मृदकटकों के एक के पीछे एक बहुत दूर तक फैली हुई देखी जाती है। ऐसे भू-रूप को अनुगामी मृदकटक कहा जाता है।

(4) मालाकार मृदकटक (Beaded or Garland Easker)—जब कभी हिमानी में प्रवाहित धारा के सामने कुछ अवरोध आ जाता है तो वहाँ अधिक पदार्थ जमा हो जाता है। बाद में यह अन्य मार्ग ग्रहण कर लेता है। ऐसी अवस्था में मृदकटक के मार्ग में कुछ ऊँचे टीले बन जाते हैं। ये टीले कभी-कभी दो मृदकटकों को परस्पर जोड़ते हैं। इससे सम्पूर्ण आकृति माला में पिरोये हुए दानों के समान ज्ञात होती है। इसी को मालाकार मृदकटक कहते हैं।

(5) दरार-पूरक (Crevasse Infilling)—जब हिमानी में स्थित दरारों में बालू एवं बजरी भर जाती है तो बाद में वे छोटी-छोटी कटकों बन जाती हैं। इन्हीं को दरार-पूरक कहा जाता है। प्रायः मृदकटक और दरार-पूरक में भेद करना कठिन हो जाता है, क्योंकि दोनों ही अपने रूप में सँकरी और तीव्र ढाल वाली होती हैं। किन्तु दरार-पूरक लम्बाई में छोटी होती हैं। वे कदाचित् ही एक मील लम्बी होती हैं।

अनुवार्षिक निक्षेप (Varve Deposits)—हिम-जल द्वारा किसी झील में किये गये बालू, मृत्तिका एवं चोका के वार्षिक निक्षेप को अनुवार्षिक निक्षेप कहा जाता है। ये निक्षेप उन समस्त हिमानी झीलों में पाये जाते हैं जो किसी हिमानी के सामने बनी होती हैं। सामान्यतः ये निक्षेप परतों के रूप में होते हैं। ग्रीष्म एवं वर्षाऋतु में हिम के अधिक पिघलने से जल-प्रवाह बहुत अधिक होता है जिससे मोटी गाद का निक्षेप होता है। शीतऋतु में जल-प्रवाह की कमी से बहुत धीरे-धीरे केवल उमदा चोका का निक्षेप होता है। इस प्रकार प्रतिवर्ष नीचे मोटी गाद और ऊपर उमदा चोका की परत जमा होती रहती है। सामान्यतः इस वार्षिक निक्षेप की मोटाई $\frac{1}{8}$ इंच से $\frac{1}{2}$ इंच

के बीच रहती है। वर्षा एवं हिम पिघलने की अनुकूल अवस्थाओं में यह मोटाई अधिक भी सम्भव होती है। इसे प्रकार वार्षिक निक्षेप की परतो का क्रम अपनी विभिन्न मोटाइयों द्वारा जल-वायु के परिवर्तन को इंगित करता है। आजकल इन परतो की गणना के आधार पर उन क्षेत्रों की आयु ज्ञात की जा सकती है। इस शताब्दी के प्रारम्भ में बरॉन गेरार्ड डी गिर (Baron Gerard-de Geer) ने हिमानी के सम्मुख बनी झीलों में वार्षिक निक्षेप की परतो के आधार पर हिमानी के पीछे हटने की गति को निर्धारित करने की पद्धति की खोज की थी। इस पद्धति द्वारा किसी भी ऐसे प्रदेश में जहाँ हिमावरण था, वहाँ से हिम के पीछे हटने और उसमें लगी अवधि का सही-सही अनुमान लगाया जा सकता है। एण्टेव्स (Antevs) का कहना है कि इस रीति से गणना करने पर गलती एक प्रतिशत से अधिक नहीं होती। उसने उदाहरणस्वरूप बताया है कि हार्टफोर्ड से अन्तिम हिम-चादर वहाँ 170 मील दूर सेण्ट जोहन्सबरी को लगभग 4,400 वर्षों में पीछे हटी अर्थात् पीछे हटने की गति 200 फुट प्रतिवर्ष रही।¹

हिमनदी द्वारा जल-प्रवाह में परिवर्तन—जब हिमनदी आगे बढ़ती है या पीछे हटती है तो हिमाच्छादन से पूर्व बहने वाली नदियों के प्रवाह-क्षेत्र इसकी लपेट में आ जाते हैं जिससे कई महत्वपूर्ण परिवर्तन हो जाते हैं। हिमाच्छादन पूर्व की कई नदियाँ या तो (1) बिलकुल ही दब जाती हैं, या (2) उनकी प्रवाह-दिशा में परिवर्तन हो जाता है, या (3) वर्तमान जल-प्रवाह को रोककर झीलों की उत्पत्ति हो जाती है।

(1) हिमनदी निक्षेप से नदी-घाटियाँ पूर्णतः या अंशतः दब जाती हैं। फलस्वरूप पुरानी जल-प्रवाह प्रणाली विलीन हो जाती है और कालान्तर में उसके स्थान पर नयी जल-प्रवाह प्रणाली का जन्म हो जाता है। इन अवस्थाओं में गहरी घाटियाँ या कन्दराएँ (caves) बन जाती हैं और उनके दोनों ओर हिमनदी सचय की श्रेणियाँ स्थित हो जाती हैं। इन दशाओं से हिमाच्छादन पूर्व नदी प्रणाली सचय द्वारा पूर्णतः पुनः व्यवस्थित हो जाता है।

(2) जब कभी कोई हिमनदी जलधारा की घाटी पर जल-विभाजक अथवा उद्गम (source) की ओर से आक्रमण करती है तो उसमें बाढ़ आ जाती है और वह किनारे पर होकर बहने लगती है। इन्हीं बाढ़ों के फलस्वरूप हिम सीमान्तों के समीप परस्पर समान्तर मोरेन श्रेणियाँ बन जाती हैं और इनके फलस्वरूप जल-प्रवाह की दिशा में स्थानीय परिवर्तन (local change in drainage pattern) हो जाता है। जल-प्रवाह की दिशा-परिवर्तन हिम-सीमान्त के समीप होती है, जहाँ रोका गया जल श्रेणियों को काटकर अपना मार्ग बनाने की चेष्टा करता है। फलतः नालियों (channels) की रचना हो जाती है जिनका हिमाच्छादन पूर्व के जल-प्रवाह से कोई सम्बन्ध नहीं होता। निम्न प्रदेशों में मूल घाटियाँ हिमनदी सचय से भर जाती हैं, अतएव जल-प्रवाह घूमकर हिम सीमान्त के समान्तर बहने लगता है।

जब हिमनदी मुहाने की तरफ से जलधारा की घाटी में प्रवेश करती है तो नदी का जल स्थायी अथवा अस्थायी रूप से रुक जाता है और झीलें बन जाती हैं। ये झीलें घाटी के नीचे की तरफ या हिम सीमान्त की ओर उठी हुई भूमि के बीच या दो मोरेन श्रेणियों के बीच होती हैं। बाँध टूट जाने से झीलों का जल नाली से निकलने लगता है और झीलें शुष्क हो जाती हैं किन्तु उनके जल से बनी नदियाँ जल प्रवाह को बिलकुल उलट देती हैं। जब हिम सीमान्त कई नदियों के जल को रोककर झीलें बना देता है तो इन झीलों का जल नालियों द्वारा एक-दूसरे से मिल जाता है। तेज बहने वाली जल की राशि इन नालियों को रच देती है। ये प्रवाह नालियाँ स्थायी जल-प्रवाह से असम्बन्धित होती हैं। ये अग्रलिखित प्रकार की होती हैं :

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 327

(i) सीधी नालियाँ (Direct Channels)—जिनमें जल मुख्य जल-विभाजक के आरपार प्रवाहित होता है।

(ii) पार्श्ववर्ती नालियाँ (Lateral Channe's)—जो हिम के किनारे-किनारे होती है या पर्वत-शाखाओं को काटकर निकलती है। दोनों ही अवस्थाओं में नालियों की व्यवस्था या तो समान्तर प्रणाली में होती है या सम्बन्धित प्रणाली में। समान्तर प्रणाली की रचना एक ही पर्वत-शाखा को विभिन्न तल पर काटने से हो जाती है, जबकि दूसरी घाटियों में विभिन्न झीलों को जोड़ने से सम्बन्धित प्रणाली की रचना होती है।

उपरोक्त दोनों ही प्रकार की नालियों की तली सपाट और चपटी होती है तथा दोनों ओर तीव्र ढाल वाली दीवारें खड़ी होती हैं जिससे इनका आकार सँकरी घाटी या कन्दरा की तरह का हो जाता है।

जल-प्रवाह में परिवर्तन होने के अतिरिक्त जल-प्रवाह मुड़ भी जाता है। इस परिवर्तन के फलस्वरूप उत्तर की तरफ ढाल वाली नदी-घाटियों का ढाल दक्षिण की ओर हो जाता है। यह अवस्था उस समय होती है जब हिमनदी तथा हिमनदी-जल के प्रभाव से जल-विभाजक (Water parting) नीचे हो जाते हैं या वर्तमान धारा की तलहटी में पदार्थों का संचय हो जाता है। इस प्रकार का परिवर्तन मुख्यतः उत्तरी अमरीका में हुआ है जहाँ सेण्ट लॉरेन्स नदी की बहुत-सी सहायक नदियों की धाराएँ मुड़कर दक्षिण की ओर बहने वाली मिसीसिपी नदी में गिरने लगी हैं।

(3) हिमनदियों द्वारा झीलों की भी रचना होती है। किन्तु ऐसी झीलें बहुधा अस्थायी होती हैं और इनकी रूपरेखा टेढ़ी-मेढ़ी होती है। इन्हे रूप आकार के आधार पर मुख्यतः तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है—(i) वे जो लम्बी होती हैं और जो हाथ की अँगुलियों के समान होती हैं, (ii) वृत्ताकार या चन्द्राकार (circular or crescent) झीलें और (iii) ताड़ वृक्ष के पत्तों के समान विस्तृत शाखाओं वाली झीलें।

हिमनदियों द्वारा निर्मित झीलें अधिकतर कनाडा, फिनलैण्ड और संयुक्त राज्य में पायी जाती हैं।

स्थिति के अनुसार हिम-निर्मित झीलें तीन प्रकार की हो सकती हैं

(i) बाह्य सीमान्त झीलें, जो पहाड़ी क्षेत्रों एस्कर, कैम या ड्रमलिन के ढेरों के बीच में जल के इकट्ठा हो जाने से या हिम-जल निर्मित मैदानों में बालू के गड्ढों में जल के भर जाने से बन जाती हैं।

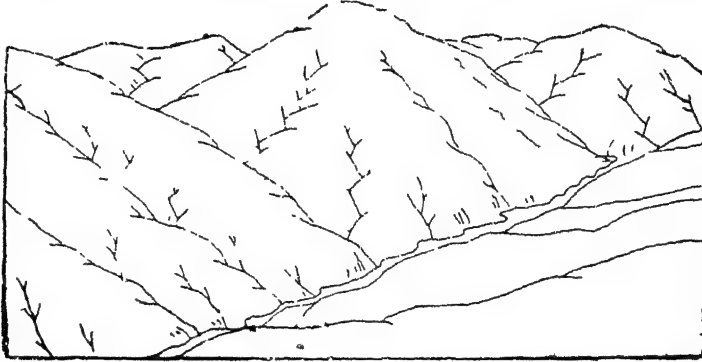
(ii) सीमान्तीय झीलें, जो बहुधा हिम-प्रवाह के नीचे के जल के अन्तिम मोरेन के पीछे रुक जाने से बन जाती हैं। हिमानी के पीछे हटने पर अन्तिम मोरेन के बीच केटलीनुमा गड्ढों में जल इकट्ठा हो जाने से भी ऐसी झीलें बन जाती हैं।

(iii) अन्तर-सीमान्तीय झीलें, जो घाटी की तली में हिमनदी द्वारा बनाये गये गड्ढों में जल भर जाने से बन जाती हैं। इस प्रकार की झीलें दो प्रकार की हो सकती हैं : (i) चट्टानी गड्ढों वाली झीलें, जो मोरेन संचय द्वारा नदी के जल रुक जाने से बनती हैं; तथा (ii) घाटी मोरेन द्वारा निर्मित झीलें।

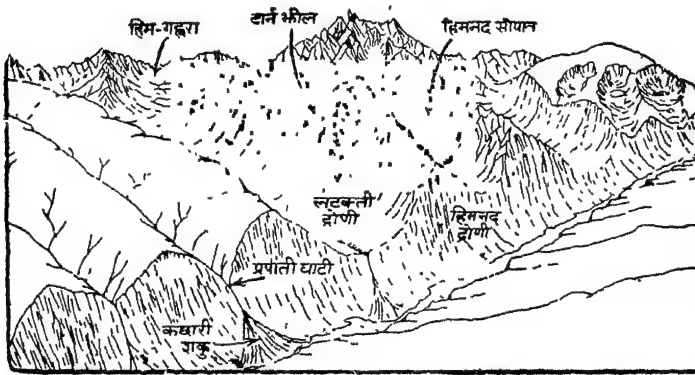
हिमनदित प्रदेशों की विशेषताएँ (Characteristics of Glaciated Regions)

धरातल के जो भाग हिम से प्रभावित होते हैं उनकी आकृति अन्य भागों से भिन्न होती है। हिम उन प्रदेशों की अपवाह प्रणाली और उच्चावचन में इस प्रकार परिवर्तन कर देती है कि वहाँ का समस्त भू-आकार ही बदल जाता है। प्रायः हिम प्रभावित क्षेत्रों में अप्रलिखित विशेषताएँ देखी जाती हैं :

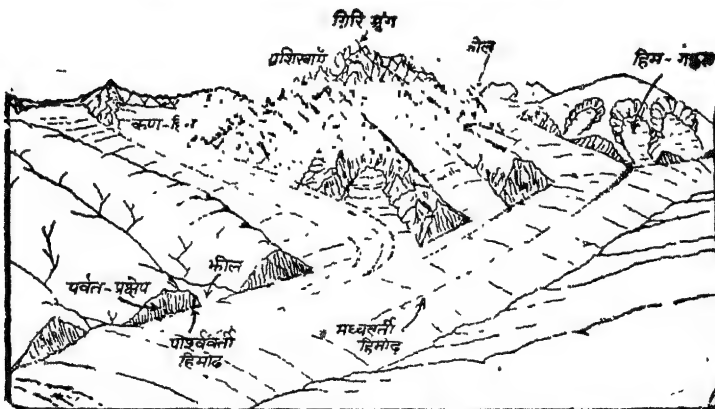
(1) भू-आवरण—सामान्यतः हिम से अप्रभावित क्षेत्र में एकसी बनावट के शिलाखण्ड तथा जल सोखने वाली मिट्टियाँ पायी जाती हैं। समस्त भूमि नदियों के प्रभाव से स्थान-स्थान पर कटी हुई होती है। इसके विपरीत हिमाच्छादित प्रदेश में धरातल पर विभिन्न किस्म और आकार-प्रकार के कंकड़-पत्थर एवं शिलाखण्ड फैले हुए मिलते हैं। इन कंकड़-पत्थरों का उस प्रदेश की संरचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। ये सब किसी दूर प्रदेश से लाये जाते हैं। भूमि पर इनके



चित्र 283—पर्वतीय क्षेत्र हिमनदन के पूर्व



चित्र 284—पर्वतीय क्षेत्र हिमनदन के प्रभाव में



चित्र 285—पर्वतीय क्षेत्र हिमनदन के पश्चात्

निक्षेप का विस्तार भी असमान रहता है। अन्य प्रदेशों की भाँति ये प्रदेश विखण्डित अथवा विच्छेदित नहीं होते।

(2) **चट्टानी धरातल**—हिम प्रभावित प्रदेशों का चट्टानी धरातल हिम-घर्षण के फलस्वरूप चिकना, चौरस और सपाट होता है। उसमें अन्य प्रदेशों की तरह ऊँचा-नीचापन नहीं पाया जाता है। हिम के कारण धरातल पर खरोचे तथा खुरचाव अवश्य देखने में आता है।

(3) **प्राकृतिक बनावट**—हिमावरण से विहीन क्षेत्रों की प्राकृतिक बनावट में अपरदन के चिह्न अधिक देखे जाते हैं, परन्तु इसके विपरीत हिमाच्छादित प्रदेशों में निक्षेप का अधिक स्थान रहता है। हिम-निक्षेपण के द्वारा धरातल का ऊबड़-खाबड़पन मिट जाता है। पर्वत और पहाड़ियाँ हिम-घर्षण से चिकनी तथा सुडौल बन जाती हैं। हिमानियों का अपरदन-कार्य उच्च पर्वतीय भागों तक सीमित रहता है। अपरदन के फलस्वरूप पर्वतीय भागों में हिमगङ्गा, U-आकार की लटकती घाटियाँ, विभाजक-पात्र, तली-पात्र, प्रशिक्षाएँ, कोल, कोमरिज, हार्न आदि भू-आकार बन जाते हैं।

अपवाह—हिम प्रभावित प्रदेशों की अपवाह प्रणाली में भी भारी उलट-फेर देखा जाता है। हिम-प्रवाह के कारण समस्त प्रदेश में अनेक नयी झीलें, सरिताएँ एवं दल-दल विकसित हो जाती हैं। प्राचीन जल-प्रवाह प्रणाली नष्ट-भ्रष्ट हो जाती हैं।

हिमनदीय अपरदन चक्र (Glacial Cycle of Erosion)

अन्य बाह्य शक्तियों के समान हिमनदित प्रदेशों में भी कुछ विद्वानों ने हिमनदीय अपरदन चक्र का प्रतिपादन किया है। उनके मतानुसार हिम प्रदेशों में हिमानी द्वारा होने वाला अपरदन विभिन्न अवस्थाओं से होकर गुजरता है। किन्तु कुछ विद्वानों का कहना है कि अधिकांश हिम अपरदित क्षेत्र या तो दुर्गम स्थानों में हैं या हिम से ढके हुए हैं। ऐसी स्थिति में वहाँ हिमनदीय अपरदन की विभिन्न अवस्थाओं का अवलोकन बड़ा ही कठिन है। अतः 'सामान्य अपरदन चक्र' अथवा 'कास्ट चक्र' के समान 'हिमनदीय अपरदन चक्र' के सिद्धान्त का भली प्रकार प्रतिपादन नहीं किया जा सकता। जिन विद्वानों ने हिमनदीय अपरदन चक्र के बारे में वर्णन प्रस्तुत किया है वह मात्र सैद्धान्तिक हैं। फिर हिमनदों द्वारा होने वाला अपरदन कभी भी समुद्र-तल से प्रभावित नहीं होता। इसलिए हिमनदीय अपरदन चक्र कभी अपनी अन्तिम अवस्था तक नहीं पहुँच पाता। इसके विपरीत हिम अपरदन में विश्वास करने वाले विद्वानों का मत है कि हिम अपरदन से भूमि समतल होती है। ऊँचे अक्षांशों में हिम अपरदन द्वारा उत्पन्न कई समतलप्रायः मैदान देखे जा सकते हैं। हिम अपरदन से उत्पन्न ऐसे समतलप्रायः मैदानों के लिए श्री डी० डी० केयरनेस (D. D. Cairness) ने 'इक्वीप्लेनेशन' (Equiplanation) शब्द का प्रयोग किया है। यदि समतलप्रायः मैदान अपोढ (Till) के निक्षेप से बनता है तो एच० एम० ईकिन (H. M. Eakin) ने उन्हें आल्टीप्लेनेशन (Altiplanation) कहना युक्ति-संगत माना है। हिम प्रदेशों में हिम अपरदन से निमित्त समतलप्रायः मैदानों को श्री ब्रायन किर्क (Bryan Kirk) ने क्रायोप्लेनेशन की सजा दी है। जहाँ तक हिम अपरदन की अन्तिम अवस्था का प्रश्न है इन विद्वानों की मान्यता है कि हिम अपरदन की अन्तिम अवस्था में समतलप्रायः मैदान की स्थिति आ सकती है। किन्तु इन मैदानों को सामान्य अपरदन चक्र के समतलप्रायः मैदानों की भाँति समुद्र-तल के बराबर लाने की कल्पना नहीं करनी चाहिए। चूँकि हिमनद ऊँचे पर्वतीय भागों में स्थित होते हैं इसलिए वहाँ हिमनद समस्त पर्वतीय भाग को काटकर इतना नीचा कर देते हैं कि उसका तल हिम-रेखा (Snow-line) से नीचा हो जाता है। इस प्रकार जब कोई हिम अपरदित क्षेत्र हिम-रेखा से नीचा हो जाता है तो हिमनद अधिक तापमान के कारण पिघलकर बह जाते हैं जिससे हिमनदों की समाप्ति हो जाती है। हिमनदों की समाप्ति के साथ ही साथ हिमनदीय अपरदन का एक चक्र पूर्ण हो जाता है। यद्यपि

हिमनदीय अपरदन चक्र के बारे में भिन्न मत देखे जाते हैं लेकिन हिम अपरदित क्षेत्रों को देखने से यह स्पष्ट है कि वहाँ हिमनदों द्वारा होने वाला अपरदन कुछ निश्चित अवस्थाओं से होकर गुजरता है। हिमनदीय अपरदन चक्र की विभिन्न अवस्थाओं का विवरण नीचे दिया जा रहा है :

युवावस्था (Youthful Stage)—इस अवस्था में सर्वप्रथम हिम पहले से बने हुए गड्ढों में जमा होता है। हिम अपरदन तथा अपक्षय द्वारा इन गड्ढों का विस्तार होता है जिससे हिम-गह्वरों (Cirques) की रचना होती है। शनैः-शनैः हिमगह्वरों के विस्तार होते रहने से कई हिमगह्वर मिलकर संयुक्त हिमगह्वर (Compound cirque) की रचना करते हैं। हिमगह्वरों के विस्तार से पर्वतीय चोटियाँ घिसकर शृंग (Horn) के रूप में बदल जाती हैं। दर्रों (Col) का कटाव होने लगता है। इस अवस्था में मुख्य हिम घाटी की अनेक सहायक हिम-घाटियाँ होती हैं किन्तु लटकती घाटियों (Hanging Valleys) का निर्माण अपूर्ण होता है।

प्रौढ़ावस्था (Mature Stage)—इस अवस्था का प्रारम्भ उस समय होता है जबकि पर्वतीय क्षेत्रों की मुख्य हिमनद घाटियाँ मिलकर बड़े-बड़े हिमनदों (Trunk Glaciers) में बदल जाते हैं। विभिन्न हिमनदों की अपनी विशेषताओं एवं परिस्थितियों के कारण उनके द्वारा होने वाला अपरदन एकसमान नहीं होता। इससे लटकती घाटियों का बड़ी तेजी से विकास होता है। हिमगह्वरों की दीवारें तेजी से पीछे हटती हैं जिससे शृंग बहुत नुकीले हो जाते हैं। तीक्ष्ण कटक (Arette) यत्र-तत्र दृष्टिगोचर होते हैं। घाटी में हिम सोपानों का एवं पेटर नास्टर झीलों का निर्माण हो जाता है। इस अवस्था में हिम पात्र बड़े हो जाते हैं और हिमगह्वरों का विकास इतना हो जाता है कि केवल ऊँचे शिखरों को छोड़कर समस्त क्षेत्र हिमाच्छादित रहता है। ऊँचे पर्वतीय शिखर हिम के ऊपर नुनाटक (Nunatak) के रूप में दिखाई पड़ते हैं। हिम क्षेत्रों में ये शैल शिखर शैल द्वीप (Rock Island) की भाँति दृष्टिगोचर होते हैं। प्रौढ़ावस्था का अन्त उस समय होता है जबकि हिमगह्वर की शीर्ष दीवार एवं घाटी की शीर्ष दीवार पीछे खिसकते-खिसकते आपस में मिल जाती है।

जीर्णावस्था (Old Stage)—इस अवस्था के प्रारम्भ होने पर ऊँचे पर्वतीय भाग घिसकर नीचे होने लगते हैं। गड्ढे भरकर समतल बन जाते हैं। पर्वत श्रेणियाँ कटकर कंधीनुमा श्रेणियों में बदल जाती हैं। विभिन्न रूपों में हिमोढ़ का निक्षेप होता है। अपोढ़ के निक्षेपों से समतल मैदानों का निर्माण हो जाता है। भूमि पर अनेक झीलों तथा दलदल बन जाते हैं। इस अवस्था में हिमनद पिघलकर पीछे हटने लगते हैं। हिमनदों के पीछे हटने के साथ ही अपरदन चक्र की समाप्ति हो जाती है।

पूर्वकालीन हिम-युग (Past Ice-Ages)

संसार की जलवायु के अध्ययन से यह पता चलता है कि पृथ्वी के धरातल की जलवायु परिवर्तनशील रही है। पृथ्वी के इतिहास में ऐसे कई युग हुए हैं जबकि भू-पृष्ठ के अनेक भाग हिम से ढके हुए थे। उदाहरणतः, कार्बन कल्प में दक्षिणी गोलार्द्ध और अधिनूतन कल्प में उत्तरी गोलार्द्ध के अनेक हिस्से हिम आवरण से ढके हुए थे। इन हिम-युगों का प्रादुर्भाव किन कारणों से होता है, यह अभी भी एक विवादास्पद प्रश्न है। फिर भी इन पूर्वकालीन हिम-युगों को स्पष्ट करने के लिए अनेक विद्वानों ने अपने विचार सिद्धान्त रूप में प्रस्तुत किये हैं। उनमें से कुछ सिद्धान्त यहाँ नीचे दिये जा रहे हैं :

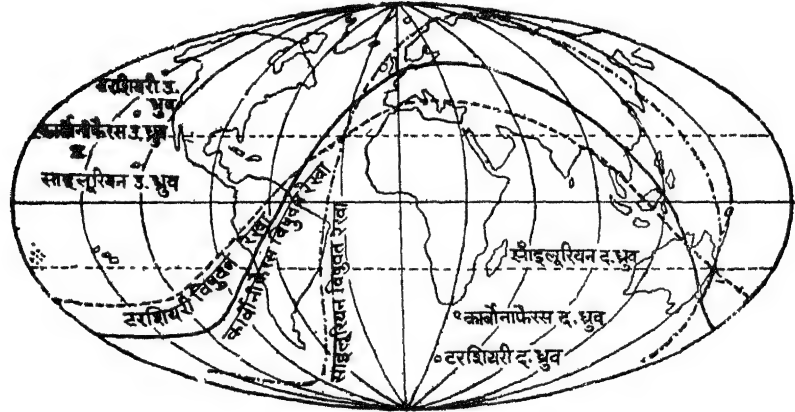
सूर्य-ताप में अन्तर—वर्तमान समय में वैज्ञानिक गवेषणा द्वारा यह बात स्पष्ट हो चुकी है कि सूर्य-कलकों (sun spots) की संख्या प्रायः घटती-बढ़ती रहती है। सूर्य-कलकों की संख्या में कमी-बेशी होने का प्रभाव पृथ्वी पर प्राप्त सूर्य-ताप (insolation) की मात्रा पर होता है। अस्तु,

इस आधार पर कुछ विद्वानों ने यह निष्कर्ष निकाला है कि सम्भवतया किसी समय सूर्य-ताप की मात्रा में बड़ी भारी कमी हो जाती है और इस तरह जब पृथ्वी पर प्राप्त सूर्य-ताप की मात्रा अत्यन्त क्षीण हो जाती है तो पृथ्वी पर हिम-युग का प्रादुर्भाव हो जाता है। इस सिद्धान्त के पक्ष अथवा विपक्ष में कुछ भी कहना कठिन है, क्योंकि इसको प्रमाणित करने के लिए हमारे पास कोई भी साधन नहीं है।

कुछ ज्योतिषविदों की यह भी मान्यता है कि कभी-कभी सूर्य ऐसे नक्षत्रों के क्षेत्र में पहुँच जाता है जहाँ बड़ी भारी शीतलता रहती है। इस कारण सूर्य को वहाँ यथेष्ट गर्मी प्राप्त नहीं हो पाती। फलतः पृथ्वी पर भी तापमान की अत्यन्त कमी हो जाती है। यद्यपि यह सम्भव है कि सूर्य शीतल ग्रहों में पहुँच जाता हो, परन्तु उससे पृथ्वी पर प्राप्त सूर्य-ताप की मात्रा में कमी हो जाय, यह आधुनिक अध्ययन के अनुकूल नहीं है।

ध्रुवों का स्थानान्तरण—इस सम्बन्ध में अनेक लोगों का यह भी विचार है कि पृथ्वी के उत्तरी तथा दक्षिणी ध्रुवों की स्थिति बदलती रही है। ध्रुवों के स्थानान्तरण से पृथ्वी की जलवायु सम्बन्धी कटिबन्ध भी स्थानान्तरित हुए हैं। इससे पृथ्वी पर की जलवायु में महान परिवर्तन हुए होंगे। किन्तु आधुनिक ज्योतिषविदों ने इस विचार का खण्डन किया है। उनका कहना है कि ध्रुवों की स्थिति में बहुत अधिक परिवर्तन सम्भव नहीं है। यदि यह मान भी लिया जाय तो उसका पृथ्वी की संरचना पर अवश्य ही प्रभाव पड़ना चाहिए। परन्तु ऐसा कोई भी प्रमाण उपलब्ध नहीं है। फिर उन्होंने ध्रुवों के विचलन के लिए आवश्यक शक्ति के बारे में भी शका उठायी है।

पृथ्वी की धुरी की उत्केन्द्रता—प्रसिद्ध वैज्ञानिक केप्लर के अनुसार पृथ्वी की धुरी की उत्केन्द्रता (eccentricity) का स्थिर नहीं होना ही हिमयुगों का प्रमुख कारण है। यद्यपि यह सही है कि पृथ्वी की धुरी की उत्केन्द्रता स्थिर नहीं है परन्तु उत्केन्द्रता के परिवर्तन आवर्तीय रूप से होते



चित्र 286—ध्रुवों का स्थानान्तरण

रहते हैं। अतः यदि इस सिद्धान्त को सही मान लिया जाय तो पृथ्वी पर अभी तक अनेक हिम-युग हो चुके होते, परन्तु ऐसा नहीं देखा जाता है।

वायुमण्डल में ज्वालामुखी राख की अधिकता—कुछ विद्वानों की धारणा है कि ज्वालामुखी विस्फोट के समय उद्गरित पदार्थों में से राख अथवा धूल (ash) विस्फोट के उपरान्त वायुमण्डल में छा जाती है। कभी-कभी वायुमण्डल में इसका आवरण इतना अधिक हो जाता है कि सूर्य की किरणें पृथ्वी पर नहीं पहुँच पाती। यह स्वयं सूर्य के ताप को हड़प करने लगती हैं। फलतः धरा-तल पर सूर्य-ताप की मात्रा घट जाती है और उसका तापमान हिम-युग के अनुकूल हो जाता है।

इस सम्बन्ध में परमियन और प्लीस्टोसीन हिम-युगों के पूर्व ज्वालामुखी उद्गार के प्रमाण भी प्राप्त हुए हैं। इस सम्बन्ध में लोगो की मुख्य आपत्ति यह है कि जब हम प्लीस्टोसीन युग की हिमनदियों की अग्र एव पश्च गतियों और उस काल की ज्वालामुखी क्रिया के बीच सम्बन्ध बैठाने की चेष्टा करते हैं तो वह निष्फल होती है। फिर उनका यह भी कहना है कि ज्वालामुखी राख से ही हिम-युग का प्रादुर्भाव हो जाय, यह कदापि सम्भव नहीं है। ज्वालामुखी धूल से आंशिक रूप में ही तापमान घट सकता है।

महाद्वीपीय वहन—कई विद्वानों ने महाद्वीपीय प्रवाह (continental drift) को भी हिम-युग का कारण बताया है। उनका कहना है कि आज भिन्न-भिन्न महाद्वीपों में एक ही काल के हिम-युगों के चिह्न मिलते हैं। अतः यह सम्भव है कि वे सब पूर्व-काल में परस्पर जुड़े हुए थे और बाद में अलग हो गये। उदाहरणतः, दक्षिणी भारत, अफ्रीका और आस्ट्रेलिया पहले आपस में जुड़े हुए थे। उन सब महाद्वीपों पर कार्बन कल्प के हिम-युग के चिह्न मिलते हैं। जहाँ तक इस सिद्धान्त का प्रश्न है कुछ विद्वानों ने इसके विपरीत यह सुझाव दिया है कि महाद्वीप और महासागर स्थायी रहे हैं। यदि महाद्वीपीय वहन को मान भी लिया जाये तो उससे सभी हिम-युगों का स्पष्टीकरण नहीं किया जा सकता। फिर अभी तक महाद्वीपों के वहन के लिए उपयुक्त शक्ति को नहीं खोजा जा सका है।

वायुमण्डल में कार्बन एवं ओजोन गैस की कमी—कुछ विद्वानों ने वायुमण्डल में विद्यमान कार्बन गैस को ही हिम-युगों का कारण माना है। वायुमण्डल में कार्बन गैस की मात्रा के घटने-बढ़ने से पृथ्वी का तापमान भी घट-बढ़ जाता है। प्रसिद्ध वैज्ञानिक चेम्बरलेन ने यह स्पष्ट प्रदर्शित किया है कि वायुमण्डल में कार्बन गैस की मात्रा के बढ़ जाने पर पृथ्वी पर तापमान भी बढ़ जाता है। इसका कारण यह है कि कार्बन गैस पृथ्वी से होने वाले ताप के विकिरण को रोकती है। फलतः पृथ्वी का तापमान बढ़ जाता है। किन्तु जब इसकी मात्रा घट जाती है तो पृथ्वी का तापमान भी कम हो जाता है। ऋतु-अपक्षय के अध्ययन में हमने देखा था कि कार्बन और वाष्प दोनों का ही इसकी प्रक्रिया में उपयोग होता है। अतः जब कभी धरातल पर किसी नवीन स्थल का जन्म होता है तो ऋतु-अपक्षय (weathering) बढ़ जाता है। ऋतु-अपक्षय के बढ़ जाने से वायुमण्डल की वाष्प और कार्बन गैस दोनों की मात्रा घट जाती है। ऐसा होने पर धरातल पर शीतल जलवायु का जन्म होता है और कभी-कभी हिम-युग का भी सूत्रपात हो जाता है। कालान्तर में पुनः वायुमण्डल में कार्बन की मात्रा बढ़ती जाती है, क्योंकि हिमावरण से ऋतु-अपक्षय का कार्य क्षीण हो जाता है और समुद्रों से बराबर कार्बन गैस बढ़ती रहती है। जब वायुमण्डल में कार्बन की मात्रा बढ़ जाती है तो हिम-युग समाप्त हो जाता है।

इस सिद्धान्त के अनुसार यह स्पष्ट है कि कार्बन के घट जाने पर पृथ्वी का तापमान कम हो जाता है। परन्तु हमें गणित द्वारा बताया है कि कार्बन के 100 अथवा 50 प्रतिशत के कम हो जाने अथवा बढ़ जाने से पृथ्वी के तापमान पर कोई विशेष प्रभाव नहीं होता।¹ यह तभी सम्भव है जबकि इसकी मात्रा बहुत ही कम हो जाय। पर क्या ऐसा हो सकता है? यह अभी सदिग्ध है।

उपरोक्त सिद्धान्त के अनुसार रूसी वैज्ञानिकों ने हाल ही में अपनी आधुनिक गवेषणाओं के आधार पर नवीन सिद्धान्त का प्रतिपादन किया है। उन्होंने अपनी गवेषणाओं द्वारा यह पता लगाया है कि वायुमण्डल में 30 किलोमीटर की ऊँचाई पर ओजोन (Ozone) गैस का एक अलग स्तर है। यह स्तर सूर्य-ताप का लगभग पाँचवाँ हिस्सा हड़प कर लेता है। वायुमण्डल में ओजोन की मात्रा प्रायः घटती-बढ़ती रहती है, इसलिए पृथ्वी के धरातल का तापमान भी घटता-बढ़ता

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 331

रहता है। इस विधि द्वारा जब पृथ्वी का तापमान बहुत ही कम हो जाता है तो हिम-युग का प्रादुर्भाव होता है। ओजोन की मात्रा का अवश्य ही तापमान पर प्रभाव होता है परन्तु केवल ओजोन की मात्रा कम हो जाने से ही हिम-युग सम्भव नहीं हो सकता।

कुछ भूगोल तथा भू-गर्भशास्त्रियों का कहना है कि धरातल पर हवाओं और जल-धाराओं की दिशाओं में परिवर्तन, स्थल की ऊँचाई में परिवर्तन और जल व स्थल के विन्यास में परिवर्तन होने से ही हिम-युगों का प्रादुर्भाव हुआ है। इस सम्बन्ध में केवल इतना कहना ही पर्याप्त है कि अधिनूतन हिम-युग (जो कि सबसे बाद का हिम-युग है) से लेकर आज तक जल और स्थल के विन्यास तथा हवाओं और जलधाराओं की दिशाओं में कोई उल्लेखनीय परिवर्तन नहीं हुए है।

सिम्पसन का सिद्धान्त—सर जॉर्ज सिम्पसन ने हिम-युगों को स्पष्ट करने के लिए हाल ही में सूर्य-ताप पर आधारित एक नवीन मत का प्रतिपादन किया है। इसके अनुसार अधिक सौर्य विकिरण के समय पृथ्वी के वायुमण्डल की गति बढ़ जाती है और वाष्प भी अधिक बनती है। अधिक वाष्प बनने से बादल भी अधिक बनेंगे। बादलों की अधिकता होने पर पृथ्वी पर सूर्य-ताप की प्राप्ति में बाधा उपस्थित होगी। ऐसी अवस्था में पृथ्वी पर हिम-युग का प्रादुर्भाव होगा। किन्तु जब सौर्य-विकिरण लगातार बढ़ता जायगा तो पुनः हिम पिघलने लगेगी। यह काल हिमान्तर युग (inter-glacial period) होगा। तदनन्तर ज्यो-ज्यो सौर्य-विकिरण कम होता जायगा एक दूसरा हिम-युग प्रारम्भ होगा जिसका काल काफी बड़ा होगा। इस प्रकार सौर्य-विकिरण के पूर्ण दो चक्र (cycles) अधिनूतन हिम-युग के चार बार आगे बढ़ने और पीछे हटने को स्पष्ट करते हैं।

उपसंहार—जलवायु के परिवर्तनों को स्पष्ट करने वाले उपरोक्त सिद्धान्तों पर विचार करने के बाद हमें यही प्रतीत होता है कि कोई सिद्धान्त पूर्ण नहीं है। प्रत्येक सिद्धान्त की कुछ न कुछ आलोचना की गयी है। अधिनूतन और मियोसीन हिम-युगों के बीच एक लम्बा शान्तिकाल बना रहा। इस शान्तिकाल का स्पष्टीकरण सिम्पसन का सिद्धान्त भी नहीं कर सका। वारसेस्टर (P. G. Worcester) के अनुसार कुछ आकस्मिक एवं अनुकूल अवस्थाओं के कारण ही विशाल हिम-युगों का प्रादुर्भाव सम्भावित हो सकता है।¹ थॉर्नबरी (W. D. Thornbury) का कहना है कि उपरोक्त सिद्धान्तों में से कुछ कारण सम्मिलित रूप से हिम-युगों के प्रादुर्भाव में सहायक होते हैं।²

अधिनूतन हिम-युग

(Pleistocene Ice-age)

हमारी पृथ्वी का धरातल प्रारम्भ से ही न्यूनाधिक रूप में हिम से प्रभावित रहा है। लुई अगासीज आदि विद्वानों ने सन् 1840 में इस बात को स्पष्ट प्रमाणित किया कि हमारी पृथ्वी वर्तमान समय की अपेक्षा पूर्व समय में हिम से विशेष प्रभावित हुई थी। इस प्रकार अब सभी लोग यह स्वीकार करते हैं कि हमारी पृथ्वी अनेक हिम-युगों से गुजर चुकी है। किन्तु विद्वानों ने दो हिम-युगों की ओर स्पष्ट संकेत किया है—(1) काबोनीफेरस हिम-युग, और (2) अधिनूतन हिम-युग। अधिनूतन हिम-युग पृथ्वी के इतिहास का सबसे अन्तिम और सबसे छोटा हिम युग है। अतः इसके बारे में हमारी जानकारी अधिक है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि पृथ्वी के धरातल से लगभग 10,000 वर्ष पूर्व ही इस हिम-युग के चिह्न लुप्त हुए थे। विद्वानों की यह मान्यता है कि मियोसीन युग में पृथ्वी का धरातल हिम के प्रभाव से प्रायः मुक्त था। परन्तु उसके बाद से ही धरातल पर हिम का क्रमशः प्रभाव बढ़ता गया और अन्त में वह युग आया जिसे हम अधिनूतन युग के नाम से पुकारते हैं।

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 334

² W. D. Thornbury : *Principles of Geomorphology*, p. 334

अधिनूतन हिम-युग ससारव्यापी हिम-युग हुआ है। इस युग में अनेक बार हिम-स्तर (Ice-sheets) आगे बढ़े व पीछे हटे हैं। वह समय जो हिम-स्तर के आगे बढ़ने और पीछे हटने के बीच में पाया जाता है, अन्तर हिमकाल (Inter glacial period) कहलाता है। इस समय हम उस युग से गुजर रहे हैं जबकि हिम-स्तर (Ice-sheets) पीछे की ओर हट गये हैं। अन्तर हिमकाल की अवधि प्रायः काफी लम्बी होती है। पूर्वकाल में अन्तर हिम-काल हजारों वर्ष लम्बे रहे हैं। सर्वप्रथम प्रसिद्ध भू-गर्भवेत्ता जेम्स गीक (Jams Geike) ने इस ओर संकेत किया और अपनी प्रसिद्ध पुस्तक 'ग्रेट आइस एज' में इसका विस्तृत वर्णन भी किया है। प्रारम्भ में उसके विचारों की बड़ी तीव्र आलोचना हुई, परन्तु सन् 1909 में आल्प्स पर्वत में पेक तथा ब्रूकनर द्वारा की गयी खोजों के उपरान्त उनके विचारों को मान्यता प्राप्त हो गयी।

समस्त संसार में प्रधान हिम-युग तथा अन्तर हिमकाल लगभग एक ही समय हुए हैं। यह बात अब संसार के विभिन्न भागों में हुई खोजों से स्पष्ट है। 19वीं शताब्दी में ग्रीनलैण्ड, अण्टार्कटिका, स्केण्डिनेविया, आल्प्स, हिमालय तथा एण्डीज आदि की हिमानियाँ एक ही साथ सिकुड़ीं और पीछे हटी थीं। साधारणतः अधिनूतन हिम-युग दस लाख वर्ष का माना जाता है। इस अवधि में इसके विकास और हिमानियों के प्रसार के चार क्रम देखे जाते हैं। ये चार क्रम इस हिम-युग के चार उपयुग (Epochs) हैं, जो निम्न हैं :

- (1) गुज (Gunj) अति प्राचीन,
- (2) मिण्डेल (Mindel),
- (3) रिस (Riss),
- (4) वुर्म (Wurm)।

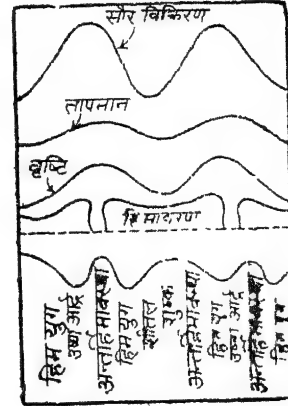
उपरोक्त चार हिम-युगों में गुज सबसे प्राचीन है। गुज के बाद क्रमशः मिण्डेल, रिस और वुर्म-युग हुए हैं। इन हिम-युगों के हिमोढ-निक्षेप में भिन्नता पायी जाती है, जिनसे उपरोक्त हिम-युगों की उपस्थिति और उनका प्रसार सिद्ध होता है।

हिम-युग की हिमानियों का पृथ्वी के धरातल और उसके विकास-क्रम पर गहरा प्रभाव होता है। धरातल के क्षय के अतिरिक्त हिम द्वारा स्थल और समुद्र के आपेक्षिक तल में महत्वपूर्ण परिवर्तन हुए हैं। भू-सन्तुलन सिद्धान्त (Isostasy) के प्रतिपादित होने के पूर्व सन् 1865 में मिसन ने सिद्ध कर दिया था कि हिम-टोपियाँ (Ice-caps) के भार के कारण पृथ्वी का धरातल उस स्थान पर नीचे धँस जाता था और बर्फ के पिघलने के बाद पुनः ऊपर उठ जाता था। अधिनूतन हिम-युग में स्थल और समुद्र के पारस्परिक तल (levels) में बड़ी मात्रा में अन्तर हुआ है।

हिम-स्तरों (Ice-sheets) के बनने के लिए बड़ी मात्रा में जल की आवश्यकता होती है। इतनी बड़ी जल-राशि समुद्र में ही उपलब्ध हो सकती है। धरातल पर प्रत्येक बार हिम-स्तर के बढ़ने के साथ समुद्र की सतह नीची हुई है और उसके पिघलने पर सतह पुनः ऊँची उठी है। इस तरह हिम-युगों में पृथ्वी के धरातल पर महत्वपूर्ण परिवर्तन हुए हैं।

उत्तरी अमरीका में हिमावरण का प्रभाव

उत्तरी अमरीका में फैले हिमावरण के सम्बन्ध में लुई आगासीज ने 1837 ई० में सर्वप्रथम अध्ययन कर उसके प्रभाव का पता लगाया। अधिनूतन हिम-युग में इस महाद्वीप के लगभग 40 लाख वर्गमील क्षेत्र में हिमावरण था। इस हिमावरण के तीन प्रमुख केन्द्र थे—(1) किवाटिन



चित्र 287—अधिनूतन कल्प में जलवायु की अवस्थाएँ और हिम की गतियों का सम्बन्ध

(Keewatin) केन्द्र, (2) लेब्रेडोर केन्द्र, (3) पश्चिमी कार्डिलेरा। इन तीनों ही केन्द्रों से हिम चारों ओर फैलनी प्रारम्भ हुई। किवाटिन हिम-केन्द्र हडसन की खाड़ी के निकट स्थित था। इस हिम-केन्द्र से उत्तर, दक्षिण व पश्चिम की ओर कई हजार वर्गमील क्षेत्र में हिम का प्रसार हुआ। दक्षिण की ओर मिसौरी नदी इनकी सीमा बनाती है। लेब्रेडोर हिम-केन्द्र क्यूबेक के पठार पर स्थित था। इसने समूचे पठार को घेर रखा था। इस हिम-केन्द्र से लगभग 1,600 मील दक्षिण की ओर ओहियो नदी तक हिम का प्रसार हुआ था। इस हिमावरण की मोटाई लगभग 10,000 फुट थी। किवाटिन और लेब्रेडोर हिम-खण्ड अन्त में परस्पर मिल गये थे। पश्चिमी कार्डिलेरा केन्द्र ब्रिटिश कोलम्बिया में राँकीज एव तटीय-श्रेणियों पर स्थित था। इस हिम-खण्ड में पर्वतपदीय एवं अल्पाइन हिमानियाँ फैली हुई थी। इस प्रकार यह हिम-खण्ड क्रमबद्ध और अनवरत रूप से नहीं फैला हुआ था।

उपरोक्त तीन हिम-केन्द्रों के अतिरिक्त न्यूफाउण्डलैण्ड में भी एक स्थानीय हिम-केन्द्र था। यद्यपि उत्तरी अमरीका का समस्त उत्तरी भाग हिमावरण से प्रभावित था, किन्तु अलास्का अपेक्षाकृत इसके प्रभाव से वंचित था।

उत्तरी अमरीका में अधिनूतन हिम-युग में हिम प्रसार एक ही बार न होकर कई बार हुआ। यहाँ हिम प्रसार के स्पष्ट चार काल हुए हैं। इन चार हिमकालों के बीच अन्तर-हिमानी-काल (inter-glacial period) पाये जाते हैं। ये चारो हिमकाल एवं अन्तर-हिमानी-काल निम्न प्रकार हैं :¹

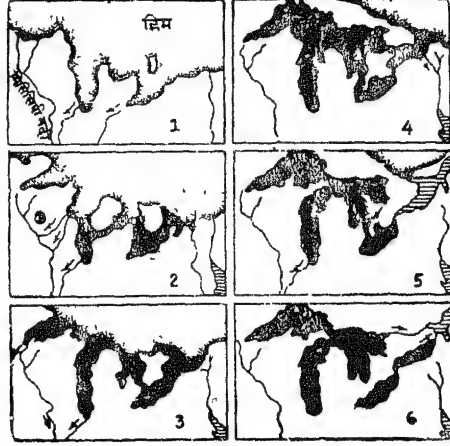
- आधुनिक (अन्तर-हिमानी-काल)
- विसकन्सिन (चतुर्थ हिम-काल)
- सेनगामोन (अन्तर-हिमानी-काल)
- इलीनॉयन (तृतीय हिम-काल)
- यारमाउथ (अन्तर-हिमानी-काल)
- कासन (द्वितीय हिम-काल)
- आफटोनियन (अन्तर-हिमानी-काल)
- जर्सियन या निब्रास्कन (प्रथम हिम-काल)

उत्तरी अमरीका में हुए आधुनिक हिमावरण के कारण वहाँ के धरातल में अभूतपूर्व परिवर्तन देखे जाते हैं। यहाँ की बड़ी झीलों की रचना क्रमशः हिमावरण के पीछे हटने का परिणाम है। हिमप्रवाह के कारण यहाँ की अपवाह व्यवस्था में भी भारी उलट-फेर देखा जाता है। कई नदियाँ जो पहले सेण्ट लारेन्स की सहायक थी, अपवाह में परिवर्तन हो जाने से अब मिसीसिपी नदी की सहायक बन गयी हैं। इसी प्रकार ओहियो नदी जो पहले उत्तर की ओर बहती थी, अब दक्षिण की ओर बहती है। न्यू इंग्लैण्ड राज्य में हिमोढ़ के निक्षेपण से उपजाऊ भूमि बन गयी है। कनाडा में हिम-अपरदन से समस्त उपजाऊ मिट्टी बह गयी और वहाँ भूमि में गड्ढों तथा खरोचों की भरमार हो गयी। अतः कनाडा में सर्वत्र अनेक छोटी-बड़ी झीले एवं दलदल पाये जाते हैं।

यूरोप में हिमावरण का प्रभाव—उत्तरी अमरीका की भाँति यूरोप के उत्तरी भाग में भी एक विशाल हिम-चादर फैली हुई थी। इसका क्षेत्रफल लगभग 30 लाख वर्गमील था। इसका प्रधान केन्द्र स्कैण्डिनेविया का उच्च प्रदेश था। इसके अन्य केन्द्र स्कॉटलैण्ड और यूराल पर्वत में स्थित थे। इन केन्द्रों से हिम का विस्तार सभी दिशाओं में हुआ। स्कैण्डिनेविया हिम-चादर से

¹ P. G. Worcester : *Text Book of Geomorphology*, p. 323

हिम का प्रसार पश्चिम में उत्तरी सागर, पूर्व में फिनलैण्ड और रूस के अधिकांश उत्तरी-पश्चिमी भाग एवं दक्षिण में डेनमार्क, हॉलैण्ड, जर्मनी एवं पोलैण्ड के उत्तरी भागों तक था। स्कॉटलैण्ड केन्द्र से जो हिम का प्रसार हुआ उसने समूचे आयरलैण्ड और ग्रेट ब्रिटेन को ढक रखा था। केवल ब्रिटेन का दक्षिणी छोर हिम से मुक्त था। यूराल हिम-चादर का विस्तार यूराल पर्वत के पूर्व में साइबेरिया के उत्तरी-पश्चिमी भाग तक था। इन तीन हिम-केन्द्रों के अतिरिक्त मध्य यूरोप में आल्प्स एवं अन्य पर्वतों पर हिमावरण का बहुत बड़ा विस्तार था। उत्तरी अमरीका की भाँति यूरोप में भी हिमावरण के स्पष्ट चार हिमयुग—गुंज, मिण्डेल, रिस और वुर्म—हुए हैं। जर्मनी और हॉलैण्ड में पाये जाने वाले चार प्रकार के हिमोढ़—इल्सटर (Elster), साले (Saale), फ्लेमिंग (Flaming) तथा विसेल (Weichsel), इन चार हिम-युगों के ही परिचायक हैं। अन्य स्थानों पर भी इन हिम-युगों के हिमोढ़ पाये जाते हैं। आल्प्स प्रदेशों में दो प्रकार के हिमोढ़ देखे जाते हैं—(1) नवीन हिमोढ़, जिन पर अभी अनाच्छादन का कोई प्रभाव नहीं हुआ है; (2) प्राचीन हिमोढ़, जिनका गहराई तक अपक्षय हुआ है और उनका अब असली स्वरूप देखने में नहीं आता।



चित्र 288—पीछे हटते हुए हिमावरण के साथ बड़ी झीलों का विकास

उत्तरी अमरीका की भाँति यूरोपीय हिमावरण का बाल्टिक सागर के उत्तर में फिनलैण्ड, स्वीडन तथा नॉर्वे पर विशेष प्रभाव हुआ है। हिमावरण के कारण इस क्षेत्र की तमाम उपजाऊ भूमि बह गयी और उसके स्थान पर जहाँ-तहाँ हिम-निक्षेप की अनेक श्रेणियाँ बन गयी हैं। इस प्रकार नॉर्वे, स्वीडन तथा फिनलैण्ड की अधिकतर भूमि अनउपजाऊ हो गयी। यही नहीं, इसके प्रभाव से इस समस्त क्षेत्र में जगह-जगह झीले तथा दलदल बन गये हैं और सम्पूर्ण जल-प्रवाह में उथल-पुथल हो गयी है। नदियों में अनेक जल-प्रपातों की रचना हो गयी है जिससे यहाँ की नदियाँ जल-विद्युत के लिए बड़ी महत्वपूर्ण हैं। किन्तु नौका-संचालन के लिए ये नितान्त ही अयोग्य सिद्ध हुई हैं। इस क्षेत्र में नॉर्वे के प्रसिद्ध फियोर्ड्स की रचना भी हिमनदी घाटियों के जलमग्न होने से ही हुई है।

बाल्टिक सागर के दक्षिण में मध्य जर्मनी और जटलैण्ड प्रायद्वीप के अन्दर समुद्रतट के सहारे पश्चिम से पूर्व की ओर सैकड़ों मीलो तक समान्तर रूप में फैली हुई हिमोढ़ की श्रेणियाँ पायी जाती हैं। इन श्रेणियों के उत्तर में उपजाऊ मिट्टी पायी जाती है, परन्तु दक्षिण में दलदली घाटियाँ तथा झीले पायी जाती हैं। यहाँ जगह-जगह अपरदित पदार्थों के निक्षेप पाये जाते हैं जो कि जल-धाराओं द्वारा इधर-उधर छितरा दिया गया है। उत्तरी-पश्चिमी जर्मनी और उत्तरी-पूर्वी हॉलैण्ड में हिम जल-धाराओं का विशेष प्रभाव हुआ है। इन धाराओं के कारण यहाँ बालू व बजरी के विस्तृत निक्षेप हुए हैं और इन निक्षेपों के बीच यत्र-तत्र हीथ और मूर प्रदेश बन गये हैं।

उत्तरी अमरीका की बड़ी झीलों की भाँति यूरोप में बाल्टिक समुद्र का विकास भी हिम के पिघलने से हुआ। किन्तु इसका विकास एक ही बार में नहीं हुआ। हिम पिघलने से जैसे-जैसे हिमावरण पीछे हटता गया बाल्टिक समुद्र का रूप भी स्पष्ट होता गया। वस्तुतः हिमावरण के

उत्तर की ओर हटने के फलस्वरूप विशाल गर्तों की रचना हुई जिसमें जल भर जाने से विशाल समुद्र की रचना हुई।

आल्प्स पर्वत पर फैली हिमानियों के प्रभाव से स्विट्जरलैण्ड तथा उत्तरी इटली में अनेक झीलों की रचना हुई।

हिमावरण के हटने के उपरान्त हिम-अपरदित पदार्थों की विशाल राशि समुद्रों में भी निक्षेपित हुई, जिससे कई भागों में महाद्वीपीय सागर बन गये। इसके अतिरिक्त हिमानी निक्षेप के कारण उत्तरी सागर में डागर बैंक तथा न्यूफाउण्डलैण्ड के निकट ग्राण्ड बैंक की रचना हुई जो आज विश्व में मछली पकड़ने के अद्वितीय क्षेत्र माने जाते हैं।

एशिया में हिमावरण का प्रभाव—यूरोप एवं उत्तरी अमरीका की भाँति एशिया महाद्वीप पर भी हिमावरण का प्रभाव था। यूरोप के आल्प्स पर्वत की तरह मध्य एशिया के पठार एवं पर्वत श्रेणियाँ तथा हिमालय पर्वत विशाल हिमावरण से ढके हुए थे। यहाँ कई हिमानियाँ मैदानों तक फैली हुई थी। हिमालय और उसकी कई श्रेणियों पर आज भी घाटी अथवा पर्वतपदीय हिमानियाँ पायी जाती हैं। ऐसा विश्वास किया जाता है कि साइबेरिया हिमावरण से मुक्त था। केवल पश्चिमी साइबेरिया ही यूराल हिम-क्षेत्र से ढका हुआ था। किन्तु छसी विशेषज्ञों की यह मान्यता है कि समस्त साइबेरिया हिमावरण से प्रभावित था। उन्होंने अपने मत की पुष्टि में अनेक ऐसे चिह्न खोज निकाले हैं जो हिमानी द्वारा छोड़े गये हैं।

दक्षिणी गोलार्द्ध में हिमावरण का प्रभाव—अधिनूतन हिम-युग का प्रभाव ससारव्यापी था। उत्तरी गोलार्द्ध के समान दक्षिणी गोलार्द्ध में भी अनेक क्षेत्र इस काल में हिम से ढके हुए थे। आस्ट्रेलिया में न्यूसाउथवेल्स और टस्मानिया के अधिकांश भाग हिमावरण से प्रभावित थे। दक्षिणी अमरीका में दक्षिणी चिली एवं पेटेगोनिया, दक्षिणी अफ्रीका का केप प्रान्त व न्यूजीलैण्ड आदि भी हिम से ढके हुए थे।

भारत में पूर्वकालीन हिम-युग—पृथ्वी पर पूर्व-काल में एक के बाद एक अनेक हिम-युग हुए हैं। भारत भी इन हिम-युगों से प्रभावित रहा है। किन्तु यहाँ सभी हिम-युगों के चिह्न नहीं देखे जाते हैं। यहाँ तो धारवार, गोण्डवाना और अधिनूतन तीन हिम-युगों के ही स्पष्ट चिह्न देखे जाते हैं।

धारवार हिम-युग के चिह्न दक्षिण भारत में पाये जाते हैं। आर० बी० फुट ने बताया है कि दक्षिण में कालड्रुग सम्पिण्डाश्रय (Kaldrug Conglomerate) की अष्टीलाओं पर हिमावरण के कारण अनेक खुरच के चिह्न बने देखे जाते हैं। ये चिह्न धारवार हिम-युग के ही प्रतीत होते हैं और भारत में हिमावरण के सबसे प्राचीन प्रमाण हैं।

धारवार के अतिरिक्त गोण्डवाना हिम-युग के चिह्न भी यहाँ कई स्थानों पर देखे जाते हैं। निम्न गोण्डवाना युग (Lower Gondwana Period) में उड़ीसा की तलचीर शिलाओं में हिमावरण के स्पष्ट चिह्न देखे जाते हैं। इन शिलाओं के निम्न भागों में गोलाश्म के स्तर (Boulder beds) पाये जाते हैं जो कि इस काल के हिम-युग को प्रमाणित करते हैं। ऐसे ही प्रमाण राजस्थान, मध्य प्रदेश, शिमला, हजारा और साल्टरेन्ज की शिलाओं में भी देखे जाते हैं। फिर इस हिम-युग के प्रमाण गोण्डवाना भूमि के अन्य भागों—आस्ट्रेलिया और अफ्रीका—में भी देखे जाते हैं।

भारत का सबसे अन्तिम हिम-युग अधिनूतन हिम-युग है। यह हिम-युग ससार-व्यापी था और इसका प्रभाव भी सबसे अधिक हुआ है। भारत में यद्यपि इसका प्रभाव उत्तरी भारत में ही सर्वाधिक हुआ है, किन्तु दक्षिण भारत की जलवायु भी इसके फलस्वरूप बहुत अधिक शीतल हो

चली थी । दक्षिण भारत के नीलगिरि पर्वत में हिमालय प्रदेशीय जन्तुओं का पाया जाना इसको स्पष्ट प्रमाणित करता है । हिमालय प्रदेश में इस हिम-युग के प्रायः सभी चिह्न पाये जाते हैं ।

हिमानियों का मानव-जीवन पर प्रभाव

हिमानियाँ अनाच्छादन का एक प्रमुख साधन हैं । अतः विगत काल के धरातल के जो भाग हिमावरण से प्रभावित थे, वहाँ महत्वपूर्ण परिवर्तन हुए हैं । हिम के अपरदन और निक्षेप-कार्यों से न केवल स्थलाकृति में ही परिवर्तन आया है । अपितु परोक्ष रूप में उसका मानव-जीवन पर भी गहरा प्रभाव पड़ा है । इस प्रभाव का विशद विवेचन नीचे प्रस्तुत किया जा रहा है :

(1) कृषि भूमि का विस्तार—हिमानी निक्षेप में अपोढ़ का विशेष महत्त्व है । इसमें कंकड़-पत्थर से लेकर बालू व चीका तक मिली होती है । इस अपोढ़ के निक्षेप से अनेक स्थानों पर भूमि समतल बन गयी । संयुक्त राज्य अमरीका, ब्रिटेन व फ्रांस के कई भागों में आवरण शैल (mantle rock) की वृद्धि महत्वपूर्ण सिद्ध हुई है । ऐसे अनेक भाग जो अत्यन्त ढालू थे और कृषि के लिए अयोग्य थे, अपोढ़ के निक्षेप के बाद कृषि के योग्य बन गये । अपोढ़ के निक्षेप से कई स्थानों पर मिट्टी के गुणों में भी सुधार हो गया । सामान्यतः यह मिट्टी उस मिट्टी की अपेक्षा अधिक उत्तम और उपजाऊ होती है जो हिमावरण के प्रभाव से पूर्व वहाँ स्थानीय चट्टानों के टूटने से बनी थी । इस प्रकार हिमानियों द्वारा बिछायी गयी उपजाऊ मिट्टी का विस्तार पूर्वी अंगलिया और प्रेरीज के मैदानों में पाया जाता है, जो गेहूँ की पैदावार के लिए बहुत ही उपयुक्त है । ऐसी ही मिट्टी दक्षिणी इंग्लैण्ड और उत्तरी-पूर्वी फ्रांस में भी पायी जाती है । इन भागों में हिमानी द्वारा निक्षेपित अपोढ़ के कारण न केवल कृषि-भूमि का विस्तार ही हुआ है, अपितु कृषि-पैदावार की भी भारी उन्नति हुई है । यह सत्य है कि कई भागों में अपोढ़ के निक्षेपण से उपजाऊ कृषि-भूमि बेकार हो गयी है । उत्तरी जर्मनी और पोलैण्ड में अपोढ़ के रूप में बालू के बिछ जाने से भूमि अनुपजाऊ हो गयी है, किन्तु ऐसी अनुपजाऊ भूमि का क्षेत्र कम है । कभी-कभी हिमानी निक्षेप के कारण एक ही क्षेत्र में कई प्रकार की मिट्टियाँ मिलती हैं जो अपने उपजाऊपन में एक-दूसरे से भिन्न होती हैं ।

(2) मानव आवास के लिए भूमि की सुविधा—हिमानी के निक्षेपण कार्य से अनेक स्थानों पर गोलाशम-मृत्तिका के मैदान बन गये हैं । इन मैदानों में उगे वनों को साफ करके मानव आवास के लिए बस्तियाँ बसाना सम्भव हुआ है । फिर ये मैदान कृषि के लिए भी अनुकूल सिद्ध हुए हैं । जहाँ कहीं हिमनदोदगिरि की स्थलाकृति पायी जाती है, वहाँ इन टीलों के ढालों पर बस्तियाँ बसायी गयी हैं । हिमानी की अपोढ़ में उपयोगी इमारती पत्थर भी पाये जाते हैं, जिनसे मकान बनाये जाते हैं ।

(3) कच्चे माल की प्राप्ति—हिमानी द्वारा निक्षेपित पदार्थों में ऐसे पत्थर एवं मिट्टियाँ पायी जाती हैं जो सीमेण्ट, चीनी-मिट्टी के बर्तन, मिट्टी के बर्तन तथा ईंट और खपरैल बनाने के लिए उपयोगी होते हैं । अतः इन पदार्थों से कई उद्योगों को कच्चा माल प्राप्त होता है ।

(4) रेलें तथा सड़कें बनाने में सुविधा—हिमनदन के फलस्वरूप कई स्थानों पर ढाल की विषमता कम हो गयी और उनकी दुर्गमता नष्ट हो गयी । फलस्वरूप वहाँ रेलें और सड़कें बनाना अधिक सरल हो गया जिससे परिवहन की सुविधाओं में भारी सुधार हुआ है । इसके साथ ही कई स्थानों पर इसका विपरीत प्रभाव भी हुआ है ।

हिमोढ़ के निक्षेपण वाले क्षेत्रों में बालू, बजरी, कंकड़ एवं मिट्टी आदि पदार्थ बहुलता से प्राप्त होते हैं । इसका स्पष्ट प्रभाव रेल एवं सड़क-मार्गों के बनाने पर पड़ता है । हिमोढ़ के क्षेत्रों में सड़कें बनाने का खर्च बहुत कम होता है ।

(5) अच्छे पोताश्रयों की सुविधा—हिमानियों ने कई भागों में समुद्र तटों पर फियोर्ड की रचना की है । ये फियोर्ड काफी गहरे और लम्बे होते हैं, जिससे ये जहाजों के लिए उत्तम पोताश्रयों

का निर्माण करते हैं। नार्वे, ब्रिटेन, कनाडा के पश्चिमी तट पर अनेक सुन्दर बन्दरगाहों का विकास इन फियोर्ड्स के कारण ही हुआ है।

(6) नदियों के उद्गम स्रोत—संसार की अनेक बड़ी नदियों का उद्गम हिमानियों द्वारा ही होता है। भारत में गंगा, यमुना, सतलज, ब्रह्मपुत्र आदि बड़ी नदियाँ हिमालय में स्थित हिमानियों के द्वारा ही निकलती हैं। कई स्थानों पर हिमानियों ने झीलों की रचना की है जो नदियों को जन्म देती हैं। उदाहरणतः, सेण्ट लारेन्स नदी हिमानी-निर्मित ईरी झील से निकलती है। झीलों केवल नदियों को जन्म ही नहीं देतीं वरन् उनके प्रवाह को नियमित एवं स्थायी बनाने में भी योग देती हैं।

(7) जल प्राप्ति की सुविधा—हिमनदित क्षेत्रों में असह्य झीलों की सृष्टि होती है। कनाडा व फिनलैण्ड इसके ज्वलन्त प्रमाण हैं। इन झीलों से न केवल मीठा पेय-जल ही प्राप्त होता है वरन् औद्योगिक कार्यों तथा कृषि-कार्यों के लिए भी जल उपलब्ध होता है।

सामान्यतः हिम निक्षेपित अपोड काफी मोटा होता है। यह अपोड असंगठित होता है जिससे वर्षा का जल इसमें शीघ्रता से प्रवेश कर जाता है। इस प्रकार अपोड अपने भीतर बड़ी मात्रा में जल का संचय कर लेते हैं जो धीरे-धीरे पुनः बाहर आता रहता है। ऐसे भागों में कुओ द्वारा जल प्राप्त करने में बड़ी सुविधा रहती है।

(8) व्यापार मार्गों की सुविधा—महाद्वीपीय हिमानियों ने कई स्थानों पर भूमि को खोदकर विशाल झीलों की रचना की है। ये झीलें वस्तुतः तली पात्र झीले हैं। ये झीलें स्टीमरो एव जहाजों के लिए बड़ी उपयोगी सिद्ध हुई हैं। संयुक्त राज्य अमरीका और कनाडा में बड़ी झीले बहुत ही सुन्दर व्यापारिक मार्ग प्रस्तुत करती हैं। इनमें कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका के व्यापार को आशातीत लाभ पहुँचा है। यदि ये झीले वहाँ न हो तो?

(9) जल-विद्युत की सुविधा—हिमनदित प्रदेशों की एक विशेषता वहाँ पायी जाने वाली ढँगी घाटियाँ हैं। ये ढँगी घाटियाँ उत्तम जल-प्रपातों की रचना करती हैं। हिमावरण के क्षेत्रों में जल-प्रपातों की अधिकता से जल-विद्युत के विकास में बड़ी सुविधा हुई है। स्कैण्डिनेविया, फिनलैण्ड, कनाडा और पूर्वी संयुक्त राज्य अमरीका में जल-विद्युत शक्ति का जो इतना अधिक विकास हुआ है उसके पीछे वहाँ किया गया हिमानियों का कार्य ही मुख्य है।

(10) सुरम्य स्थानों की रचना—हिमानियों द्वारा पर्वतों एवं पठारों पर अनेक विचित्र भू-आकार बन जाते हैं। झीलो एव प्रपातों के रूप में भी वे मनोरम स्थानों की सृष्टि करते हैं। स्विट्जरलैण्ड व अमरीका में झीलों की सुन्दरता से आकर्षित होकर प्रतिवर्ष हजारों मनुष्य ग्रीष्मकाल में वहाँ भ्रमण करने आते हैं।

हिमावरण का मानव-जीवन पर कितना व्यापक और गहरा प्रभाव होता है यह प्रो० डेविस (Davis) के निम्न शब्दों द्वारा और भी भली प्रकार समझा जा सकता है। उसका कहना है कि

“The vanished ice-sheets are of greater importance in American geography than the Indians in American history.” We cannot accurately tell what would have been the condition of the country had a glacier not visited it.....Whatever the origin of the drift and whenever it came, the present geographic conditions on opposite sides of their common boundary have given rise to differences in crops and in values, in the cost and facility of road and rail-road construction, in the occupations and thrift of the inhabitants, and even in the distribution and density of the population.”¹

¹ A. L. Seeman : *Physical Geography*, p. 256

29

बहते हुए जल का कार्य (WORK OF THE RUNNING WATER)

बहता हुआ जल धरातल के अनाच्छादन का सर्वाधिक महत्वपूर्ण साधन है। अनुमान है कि नदियाँ प्रतिवर्ष लगभग 27,000 घन किलोमीटर जल स्थल से बहाकर समुद्र में पहुँचाती हैं। इस विशाल जल-राशि को समुद्र में पहुँचने से पूर्व लगभग आधा मील—समुद्रतल से स्थल की औसत ऊँचाई आधा मील है—नीचे उतरना पड़ता है। यदि यह समस्त जल-राशि आधे मील की ऊँचाई से खड़े रूप में (vertically) नीचे गिरे तो सहज ही उसकी कल्पना की जा सकती है। नदियों के बहते हुए जल में यही शक्ति निहित है। इसी शक्ति के द्वारा बहता हुआ जल धरातल पर विशाल परिवर्तन करने में समर्थ होता है।

नदियाँ भू-पटल का बड़ा ही व्यापक और विशिष्ट भौतिक रूप हैं। इनकी उत्पत्ति भूमि के ढाल और वर्षा के कारण होती है। वर्षा के तुरन्त बाद वर्षा-जल का तात्कालिक बाह (immediate run off) एक चादर (sheet) के रूप में प्रारम्भ होता है, किन्तु शीघ्र ही वह ढाल के रूप में बहने लगता है। जल के इस बहाव से भूमि पर एक लम्बी नाली (gash) की रचना होती है। धीरे-धीरे वह नाली एक बड़ी अवनालिका (gully) में परिणत हो जाती है। वर्षा के कारण शनैः-शनैः अवनालिका गहरी होती जाती है। जब वह पर्याप्त हो जाती है तो अधोभूमि जल भी उसमें बहने लगता है जिससे उनका रूप एक नदिका (rivulet) का हो जाता है। इस प्रकार अनेक नदिकाओं के संयोग से ही नदी (river) का जन्म होता है। धरातल पर नदी के बनने तथा उसके विकास में वर्षा-जल के अतिरिक्त झीलें, भूमिगत जल, झरने तथा हिमनदियाँ भी अपना महत्वपूर्ण योग देती हैं। यद्यपि भिन्न-भिन्न परिस्थितियों (भूमि का ढाल, संरचना व जलवायु) में नदियों का रूप भिन्न-भिन्न (छोटी व बड़ी, अस्थायी व स्थायी) होता है किन्तु वे सभी जल-धाराएँ जो भूमि पर स्वाभाविक रूप से बहती हैं, नदियाँ (rivers) कहलाती हैं। टार व मार्टिन के अनुसार, "A river is a natural drainage line on the land." मोन्कहाउस के विचार में, "A river is a mass of flowing water over the land surface, from its source in a spring, a marsh, at the end of a glacier or as the collected surface run-off of rain water, until it reaches its mouth which usually opens into the sea."

भूमि पर जितनी भी जल-धाराएँ जन्म लेती हैं वे सभी स्वतन्त्र नदी का रूप धारण कर नहीं बहती। कई छोटी-छोटी नदियाँ किसी बड़ी नदी में जाकर मिलती हैं। बड़ी नदी में मिलने वाली छोटी नदियाँ उसकी सहायक नदियाँ (tributaries) कहलाती हैं। जिस प्रदेश का अतिरिक्त

जल (surplus water) बहकर नदी अथवा उसकी सहायक नदियों में आता है वह समूचा प्रदेश उस नदी का अपवाह क्षेत्र (Drainage area) अथवा बेसिन (Basin) कहलाता है। वह अपवाह क्षेत्र या बेसिन ही नदी का प्रमुख कार्य-क्षेत्र होता है।

नदियों का रूप

(Characteristics of Streams)

हम सब जानते हैं कि सभी नदियों का रूप एकसमान नहीं होता। नदियाँ एक-दूसरे से कई बातों में भिन्न होती हैं। कुछ नदियाँ बड़ी और कुछ छोटी होती हैं। कुछ नदियाँ हजारों मील लम्बी होती हैं, जबकि बहुत-सी नदियाँ कुछ मील ही लम्बी होती हैं। कुछ प्रदेशों में नदियाँ पास और कुछ प्रदेशों में वे दूर-दूर स्थित होती हैं। कुछ नदियाँ अपने साथ अपरिमित मात्रा में जलोढक बहा ले जाती हैं जबकि कुछ नदियाँ अधिकांश समय बिलकुल साफ रहती हैं। कुछ नदियाँ साल भर बहती रहती हैं जबकि कुछ नदियाँ थोड़े समय के लिए ही बहती हैं। इनके अतिरिक्त नदियाँ अपनी घाटी के रूप आदि बातों में भी भिन्न होती हैं। किन्तु नदियों का रूप मुख्यतः उनके प्रवाह के ऊपर निर्भर करता है। अपने प्रवाह-काल के अनुसार नदियों के मुख्य तीन रूप हैं :

(1) **स्थायी जलधाराएँ (Permanent Streams)**—जो नदियाँ साल भर बहती रहती हैं उन्हें स्थायी नदियाँ कहते हैं। ऐसी नदियाँ अधिकतर झीलों अथवा हिम-क्षेत्रों से निकलती हैं, जिससे उन्हें निरन्तर जल की पूर्ति होती रहती है। कुछ नदियों को सीधे अवक्षेपण (precipitation) द्वारा ही जल प्राप्त होता है और उसी जल से वे अपना प्रवाह बनाये रखती हैं। इनके अतिरिक्त बहुत-सी नदियाँ जो स्थायी रूप से बहती रहती हैं, वे नदियाँ होती हैं जिन्होंने अपनी घाटी को भूमिगत जल-तल (Ground Water Table) से नीचे तक काट दिया है। ऐसी नदियों को भूमिगत जल के निस्यंदन (seepage) से अनवरत रूप से जल प्राप्त होता रहता है।

(2) **आन्तरायिक जलधाराएँ (Intermittent Streams)**—वे जलधाराएँ जिनके जल प्राप्ति के साधन सामयिक रूप से बन्द हो जाते हैं, उन्हें आन्तरायिक जलधाराएँ कहा जाता है। ऐसी जलधाराएँ मुख्यतः मौसमी वर्षा अथवा हिमपात वाले प्रदेशों और विशेषकर अर्द्ध-शुष्क भागों में अधिक पायी जाती हैं। जो नदियाँ स्रोतों (springs) से निकलती हैं, उन्हें भूमिगत जल-तल के नीचे चले जाने पर जल प्राप्त नहीं हो पाता और जो नदियाँ धरातल पर होने वाली वर्षा या हिम पर आधारित होती हैं, वे वर्षा अथवा हिम के अभाव में सूख जाती हैं। लम्बे सूखे (drought) की अवधि में भूमिगत जल-तल बहुत नीचे चला जाता है, फलस्वरूप ऐसे समय में अनेक स्थायी नदियाँ आन्तरायिक नदियों में बदल जाती हैं।

(3) **अल्पकालिक जलधाराएँ (Ephemeral Streams)**—ये नदियाँ केवल वर्षा के साथ ही बहती हैं। इन नदियों का उद्गम झीलों अथवा हिम-क्षेत्रों से नहीं होता। अतः इन्हें स्रोतों एवं हिम पिघलने से जल प्राप्त नहीं होता। **मीन्जर (Meinzer)** के अनुसार जो नदियाँ लगातार एक माह भी नहीं बहतीं उन्हें अल्पकालिक नदियाँ कहा जाता है। ऐसी नदियाँ अर्द्ध-शुष्क एवं मरुस्थली प्रदेशों में अधिक पायी जाती हैं।

अपवाह प्रणाली

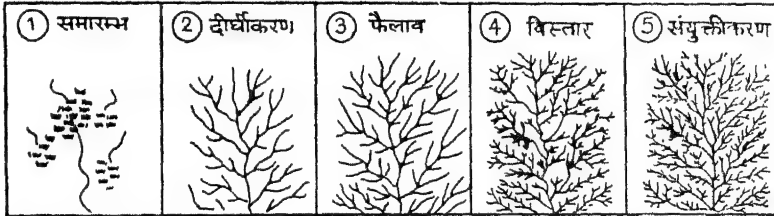
(Drainage System)

अपवाह प्रणाली से तात्पर्य किसी क्षेत्र में बहने वाली नदियों के क्रम से है। अतः अपवाह प्रणाली के अन्तर्गत किसी स्थान की नदियों और उनकी सहायक नदियों के क्रम का अध्ययन किया जाता है। किन्तु अपवाह प्रणाली के अर्थ को लेकर विद्वानों में थोड़े मतभेद हैं। **थार्नबरी** के

अनुसार, “अपवाह प्रणाली एक विशेष प्रकार की व्यवस्था है जिसका निर्माण एक नदी और उसकी सहायक नदियों की धाराओं के सम्मिलित रूप से होता है।”¹

इसके विपरीत कुछ अतिवादी विचारकों ने किसी भी क्षेत्र की नदियों के प्रवाह-क्रम को अपवाह प्रणाली कहा है। इस विचारधारा के अनुसार अपवाह प्रणाली के अन्तर्गत किसी क्षेत्र में बहने वाली समस्त नदियों का अध्ययन किया जाता है। किन्तु यह विचारधारा निश्चय ही बड़ी भ्रामक है। उदाहरणतः, यदि यह कहें कि एशिया की अपवाह प्रणाली या अफ्रीका की अपवाह प्रणाली तो क्या इसका यह अर्थ होगा कि एशिया अथवा अफ्रीका में सभी नदियाँ एक निश्चित क्रम के अनुसार ही बहती हैं। यह बात नितान्त ही गलत है। फिर कई बार यह भी देखा जाता है कि एक क्षेत्र में बहने वाली कुछ नदियाँ तो ढाल के अनुसार बहती हैं परन्तु वहाँ की कुछ नदियाँ ढाल की परवाह किये बिना विपरीत दिशा में बहती हैं। इस प्रकार उस क्षेत्र में सभी नदियों के क्रम को अपवाह प्रणाली तो कहा जा सकता है किन्तु उन्हें निश्चित रूप नहीं दिया जा सकता। इसलिए अपवाह प्रणाली से आशय किसी क्षेत्र में बहने वाली नदियों की संख्या से नहीं लेना चाहिए, अपितु उस क्षेत्र में एक निश्चित क्रम में बहने वाली नदियों और उनकी सहायक नदियों के क्रम से ही लेना चाहिए।

अपवाह प्रणाली के प्रकार (Kinds of Drainage Patterns)—किसी भी स्थान की अपवाह प्रणाली के विकास में वहाँ बहने वाली नदियों की संख्या और उनकी स्थिति का बड़ा



चित्र 289—अपवाह प्रणाली के प्रकार

हाथ होता है। इसके अतिरिक्त इनके विकास में (1) भूमि के ढाल, (2) चट्टानों की कठोरता, (3) संरचनात्मक नियन्त्रण, (4) तात्कालिक पटल विरूपण, (5) अपवाह बेसिन के नवीन भू-गर्भिक इतिहास, एवं (6) जलधाराओं के लिए पर्याप्त वर्षा का होना आदि बातों का भी महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। जैसा कि हम जानते हैं, नदियों का स्वभाव मुख्यतः वहाँ की स्थलीय बनावट के अनुरूप हुआ करता है। चूँकि प्रत्येक स्थान की धरातलीय बनावट एकसी नहीं होती। अतः अपवाह प्रणालियों के रूप में भी पर्याप्त अन्तर उपस्थित हो जाता है। कहीं पर नदियाँ एक मध्यवर्ती केन्द्र से निकल कर चारों ओर प्रवाहित होती हैं तो कहीं पर वे चारों ओर से आकर एक मध्यवर्ती केन्द्र से मिल जाती हैं। कहीं पर नदियों के अनुरूप और कहीं पर ढाल के विपरीत बहती हुई देखी जाती हैं। इस प्रकार विभिन्न स्थानों पर नदियों की स्थिति और उनकी अपवाह प्रणाली में बड़ा अन्तर पाया जाता है।

यद्यपि धरातल पर किन्हीं दो स्थानों की अपवाह प्रणालियाँ ठीक एक जैसी तो नहीं मिलती फिर भी उनमें कुछ ऐसी सामान्य विशेषताएँ होती हैं जिनके आधार पर उन्हें एक निश्चित अपवाह प्रणाली का रूप दिया जा सकता है और उस आधार पर अपवाह प्रणाली का कक्षा-विभाजन भी किया जा सकता है। सामान्यतः धरातल पर पायी जाने वाली अपवाह प्रणालियों को अग्रलिखित भागों में विभाजित किया जा सकता है :

¹ “Drainage pattern refers to the particular plan or design, which the individual streams courses collectively form.”
—Thornbury

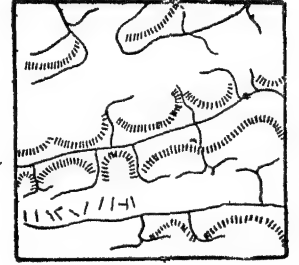
(1) **दुसाकृतिक प्रणाली (Dendritic Pattern)**—जब किसी अपवाह क्षेत्र में सर्वत्र



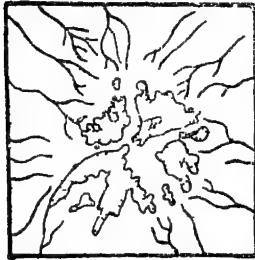
चित्र 290—दुसाकृतिक
अपवाह प्रणाली

(Insequent Drainage) भी कहा जाता है। नदी प्रणालियों में यह प्रणाली बहुत ही सामान्य प्रणाली है। इसमें प्रायः सहायक नदियाँ मुख्य नदी से लघु कोण बनाती हुई मिलती हैं। अतः यह आकृति पक्षाकार (Pinnate) अथवा चिड़ियों के पखों जैसी भी कही जाती है। भारत में वृक्षसम नदी प्रणाली के अनेक उदाहरण हैं। गंगा, गोदावरी व कृष्णा नदियों ने ऐसी ही प्रणालियों का विकास किया है।

(2) **जलायित प्रणाली (Trellis Pattern)**—यह प्रणाली ऐसे चट्टानी क्षेत्रों में पायी जाती है जहाँ कठोर तथा कोमल चट्टानों साथ-साथ पायी जाती है। ऐसी दशा में नदियाँ कोमल चट्टानों को शीघ्रता से काट देती हैं परन्तु कठोर चट्टानी भाग उठे हुए रहते हैं। इस प्रकार कोमल चट्टानों वाले भाग में तो घाटियाँ बन जाती हैं और कठोर चट्टानी भाग जल-विभाजक के रूप में खड़े रहते हैं। इन जल-विभाजकों के कारण दो नदियाँ और उनकी सहायक जल-धाराएँ अलग-अलग बँट जाती हैं। इस प्रकार बनी नदी-घाटियाँ लगभग समान्तर और सीधी होती हैं। अतः जब किसी स्थान की ढाल के अनुरूप बहने वाली मुख्य नदियाँ और सहायक नदियाँ इस प्रकार से व्यवस्थित हो कि उनका आकार एक चतुर्भुज अथवा जालीदार प्रतीत होने लगे तो जलायित प्रणाली कहा जाता है। लोबेक (A. K. Lobeck) के मतानुसार इस प्रकार की नदी प्रणाली के विकास में तीन प्रकार की नदियाँ सहायक होती हैं। जैसे परवर्ती नदी और इसमें दोनों दिशाओं से आकर मिलने वाली प्रत्यानुवर्ती शाखाएँ एवं नवानुवर्ती नदियाँ।¹ इस प्रकार की नदी प्रणालियाँ संयुक्त राज्य अमरीका में दक्षिण अपेलेशियन पर्वत, फ्रांस के जूरा पर्वत, दक्षिणी इंग्लैण्ड के तटीय क्षेत्र एवं हिमालय पर्वत पर देखी जा सकती हैं।



चित्र 291—जलायित
अपवाह प्रणाली



चित्र 292—अरीय प्रणाली

(3) **अरीय प्रणाली (Radial Pattern)**—जब किसी प्रदेश का मध्यवर्ती भाग ऊँचा हो और उसके चारों ओर का भाग नीचा हो तो वहाँ की नदियाँ मध्यवर्ती ऊँचे भाग से निकलकर चारों ओर बहती हैं। इस प्रकार की नदी प्रणाली गुम्बदाकार अथवा ज्वालामुखी जैसी उत्क्षेपित भू-आकारों के

¹ A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 175

नदी अपहरण (River Capture)

नदी अपहरण नदी-घाटी विकास की एक अवस्था है जिसकी ओर सर्वप्रथम जर्मन विद्वान फिलिप्स ने सन् 1886 में ध्यान आकर्षित किया था। यद्यपि नदी अपहरण की क्रिया युवावस्था में ही अधिक होती है तथापि प्रौढ़ावस्था एवं वृद्धावस्था में भी नदी अपहरण के उदाहरण मिलते हैं। वस्तुतः इस क्रिया में एक बलवती और सक्रिय नदी, एक कमजोर नदी के जल-प्रवाह को हड़पकर अपने में मिला लेती है। इस प्रकार जब कोई नदी किसी दूसरी नदी के जल का अपहरण कर लेती है तो उसे नदी अपहरण (River Piracy or River Capture) कहा जाता है।

नदी अपहरण के लिए आवश्यक बातें—नदी अपहरण की घटना न तो प्रत्येक नदी द्वारा सम्भव होती है और न प्रत्येक समय ही। नदी अपहरण की क्रिया कुछ विशेष परिस्थितियों में ही सम्भव होती है। उदाहरणतः, किन्हीं दो नदियों में से एक नदी घाटी की अपेक्षा अधिक गहरी है, उसमें जल की मात्रा अधिक है, उसका ढाल तीव्र है और वह मुलायम चट्टानों से होकर बह रही है तो निश्चय ही उस नदी की धारा अधिक प्रबल होगी। फलस्वरूप वह दूसरी नदी के जल का अपहरण कर लेगी। इस प्रकार अपहरणकर्ता नदी (Captor river) के लिए निम्न दशाओं का होना आवश्यक है (1)—नदी का ढाल अधिक हो, (2) नदी घाटी की चौड़ाई कम और गहराई अधिक हो, (3) नदी में जल की आवश्यकता हो, (4) नदी कमजोर और मुलायम चट्टानों से होकर बहती हो, (5) नदी की धारा में जलोढ़क की मात्रा कम हो ताकि नदी अपरदन निर्बाध रूप से चलता रहे तथा (6) नदी की स्थिति दूसरी नदी की तुलना में नीची हो।

नदी अपहरण के रूप—उपरोक्त विवरण से यह स्पष्ट हो चुका है कि नदी अपहरण की घटना नदी के अपरदन द्वारा घटित होती है। किन्तु नदी अपरदन का कोई एक रूप नहीं है। नदी अपरदन के मुख्य तीन रूप हैं—शीर्ष अपरदन (headward erosion), निम्न अपरदन (downward cutting) और क्षैतिज अपरदन (lateral erosion)। इनमें से शीर्ष अपरदन और क्षैतिज अपरदन नदी अपहरण की क्रिया के लिए विशेष अनुकूल है। शीर्ष अपरदन द्वारा नदी अपहरण की घटना नदी की युवावस्था में और क्षैतिज अपरदन द्वारा नदी अपहरण की घटना प्रौढ़ावस्था में अधिक होती है। कभी-कभी नदी विसर्पों के परस्पर मिल जाने से भी नदी अपहरण की घटना होती है जो प्रायः नदी की वृद्धावस्था में होती है। यहाँ नदी अपहरण के विभिन्न रूपों का अलग-अलग उल्लेख किया जा रहा है :

(1) **शीर्ष अपरदन द्वारा अपहरण**—नदी अपहरण की अधिकांश घटनाएँ नदियों के शीर्ष अपरदन द्वारा ही हुआ करती हैं। सभी नदियों की प्रवृत्ति अपने शीर्ष को ओर अपरदन करने की होती है, जिससे जल विभाजक पीछे खिसकते जाते हैं। वस्तुतः जल-विभाजक के विपरीत ढालों पर



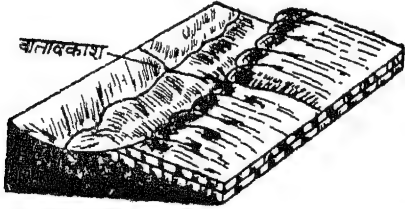
चित्र 294—नदी अपहरण के पूर्व की अवस्था

तथा अपेक्षाकृत अधिक वर्षा का होना ऐसी ही परिस्थितियाँ हैं। जिस ओर अधिक वर्षा होती है

भिन्न प्रकार से अपरदन होने अथवा किसी एक ही दिशा में अधिक अपरदन होने से जल-विभाजक के ढाल असमान हो जाते हैं। धीरे-धीरे क्रमिक ढाल की अपेक्षा तीव्र ढाल पर अपरदन अधिक तीव्रता से होने लगता है। परिणामस्वरूप जल-विभाजक पीछे धकेल दिया जाता है। यदि जलवायु और संरचना आदि तत्त्वों का सहयोग हुआ तो जल-विभाजक का इस प्रकार एक ही दिशा में विस्थापन और भी प्रखर हो जाता है। जल-विभाजक के किसी एक ओर तलहटी में कठोर चट्टान का होना के किसी एक ओर तलहटी में कठोर चट्टान का होना

उस ओर जलधारा स्वभावतः वेगवती होती है। दूसरी ओर जहाँ तलहटी में कठोर चट्टानें होती हैं वहाँ अपरदन में बाधा पड़ती है। इनके अतिरिक्त भू-गर्भिक शक्तियाँ, हिमनदियों का कार्य, ज्वालामुखी उद्गार तथा हिमशैलों का गिरना आदि कारण भी अपरदन की गति को बढ़ा देते हैं जिससे जल-विभाजक के विनाश में बड़ी सहायता मिलती है।

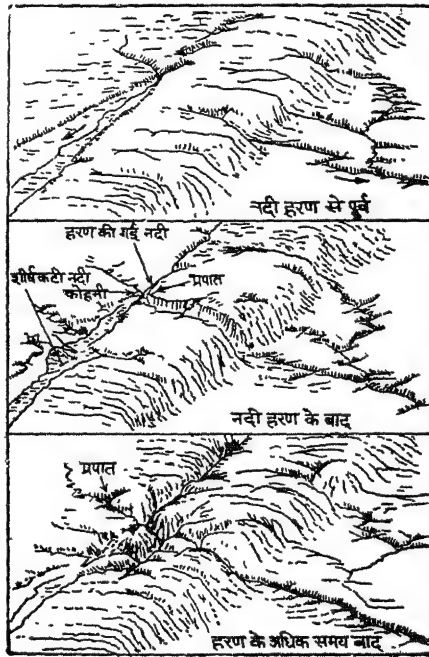
जैसे ही जल-विभाजक नीचे से होकर पीछे हटा दिये जाते हैं अधिक शक्तिशाली नदी अपनी घाटी का प्रसार कर लेती है। अधिक शक्तिशाली नदी को कुछ प्रारम्भिक सुविधाएँ प्राप्त होती हैं, जैसे उसका कोमल चट्टानों पर होकर प्रवाहित होना तथा अधिक वर्षा का होना। इन सुविधाओं के कारण वह अपेक्षाकृत अपनी घाटी का अधिक विस्तार करने में सफल होती है और समीपवर्ती नदियाँ उसमें समा जाती हैं। अर्थात् कम सफल सहायक तथा मुख्य नदियों का प्रवाह अधिक शक्तिशाली नदी की ओर हो जाता है। इसे ही नदी का अपहरण (River capture) कहते हैं।



अपहरण करने वाली नदी को “हारिणी” या चोर नदी (Pirate River) कहते हैं और जिसका जल हड़पा गया है उसे हरित या रुंडित नदी (Beheaded Stream) कहा जाता है। जहाँ पर नदी का हरण होता है वहाँ पर अपहरण नदी समकोण पर मुड़कर अपहरणकर्ता नदी के साथ

चित्र 295—नदी के अपहरण के बाद की अवस्था मिल जाती है। इस मोड़ या घुमाव को अपहरण की कुहनी (Elbow of Capture) कहा जाता है। अपहरण के बाद स्वभावतः नदी में जल कम हो जाता है और उसका विस्तार भी घट जाता है। इस प्रकार की नदी को अनुपन्न नदी (Misfit river) कहा जाता है। इस नदी में चूँकि घाटी के अनुपात से जल बहुत कम रहता है इसलिए इसे जीवन-युद्ध में हारी हुई समझा जाता है। नदी अपहरण में जिस स्थान पर हड़पने की क्रिया होती है उस स्थान के ठीक नीचे एक शुष्क और खुला स्थान बन जाता है। इस स्थान को वात दर्रा (Wind gap) कहा जाता है। धीरे-धीरे अनुपन्न नदियाँ बिल्कुल सूख जाती हैं और उनके स्थान पर शुष्क घाटियाँ बन जाती हैं। नदी घाटियों द्वारा बने इस प्रकार के वात दर्रे पर्वतों को पार कर सकने के सबसे अच्छे और सुगम मार्ग प्रदान करते हैं।

नदी अपहरण उन स्थानों में अधिक होता है जहाँ नदी व्यवस्था पूर्णतः विकसित होती है। जल-विभाजक सँकरे और कम चौड़े होते हैं और जहाँ बहुत-सी सहायक नदियाँ होती हैं। वलित चट्टानों के क्षेत्र में युवा एवं प्रौढ़ धाराओं का नदी अपहरण एक सामान्य घटना है।¹ नदी अपहरण के अनेक उदाहरण हिमालय की नदियों में मिलते



चित्र 296—नदी अपहरण

¹ P. G. Worcester : A Text Book of Geomorphology, p. 150

हैं। इसका उत्कृष्ट उदाहरण हिमालय से निकलने वाली कोसी नदी है। कोसी नदी अरुण नदी का जो हिमालय जल-विभाजक के उत्तर से निकलती है, हरण करती है। इसी तरह गंगा नदी ने भी अपहरण द्वारा अपने प्रवाह-क्षेत्र का विस्तार किया है।

(2) क्षैतिज अपरदन द्वारा अपहरण—क्षैतिज अपरदन द्वारा नदी अपहरण की क्रिया मुख्यतः प्रौढ़ावस्था में समतल मैदानी भागों में अधिक होती है। प्रौढ़ावस्था में, नदी की घाटी के निम्न कटाव की अपेक्षा उसका चौड़ा होना अधिक सक्रिय होता है। दूसरे शब्दों में, नदी द्वारा क्षैतिज अपरदन अधिक होता है। जब किसी परतदार सरचना वाले मैदान में दो अनुवर्ती नदियाँ प्रवाहित होती हैं तो क्षैतिज अपरदन के द्वारा दोनों नदियों की घाटियों का विस्तार बढ़ता रहता है। अन्त में एक समय ऐसा आता है जबकि दोनों नदियों की घाटियाँ परस्पर मिल जाती हैं। फलस्वरूप दोनों नदियों में से अधिक क्रियाशील और बलवान नदी दूसरी नदी के जल का अपहरण कर लेती है।

(3) नदी विसर्पों के मिलन द्वारा अपहरण—जब नदी जीर्णवस्था में आती है तो उसकी गति बहुत मन्द होती है। इस समय नदी मन्द ढाल वाले समतल मैदान में बहती है, इसलिए वह बहुत ही धीमे-धीमे और मोड़ खाती हुई बहती है। ज्यों-ज्यों नदी जीर्णवस्था की ओर बढ़ती है, त्यों-त्यों नदी के विसर्पों का आकार भी बढ़ता जाता है। जब कभी मैदान में बहने वाली दो नदियों के विसर्प एक-दूसरे से मिल जाते हैं तो उसे प्रतिच्छेदन (Intersection) कहा जाता है। इस प्रकार के प्रतिच्छेदन से अधिक शक्तिशाली नदी दूसरी नदी के जल का अपहरण कर लेती है। इस प्रकार विसर्पों के प्रतिच्छेदन द्वारा हरण एवं क्षैतिज अपरदन द्वारा नदी हरण की क्रिया सामान्यतः एक ही तरह होती है।

नदी-घाटी का निर्माण

(Development of River-Valley)

घाटी की रचना करना प्रत्येक नदी का प्रमुख कार्य है। इस प्रकार प्रायः सभी नदियाँ अपनी स्वनिर्मित घाटियों में बहती हैं। कभी-कभी नदियाँ सरचनात्मक (structural) अथवा हिमानीकृत घाटियों में भी बहने लगती हैं। ऐसी अवस्था में नदियाँ अपनी पूर्व-निर्मित घाटियों में सुधार करती हैं।

प्रत्येक घाटी के तीन विस्तार होते हैं—गहराई, चौड़ाई एवं लम्बाई। अतः घाटी-निर्माण से तात्पर्य नदियों द्वारा घाटी को गहरा करना (valley deepening), घाटी को चौड़ा करना (valley widening) और घाटी को लम्बा करना (valley lengthening) है। यद्यपि घाटी को गहरा, चौड़ा अथवा लम्बा करने की सीमा है। यह सीमा कई बातों से प्रभावित होती है। इन सबका विवेचन नीचे दिया जा रहा है :

घाटियों को गहरा करना (Deepening of Valleys)

भूमि पर जल का बहना प्रारम्भ करते ही वह गहरा कटाव करने लगता है। इससे जल-धाराएँ गहरी घाटियों की रचना करती हैं। किन्तु सभी नदियों की घाटियाँ एक जैसी गहरी नहीं होती, क्योंकि घाटी का गहरा कटाव भूमि के ढाल, नदी के प्रवाह वेग, जल के आयतन और नदी में जलोढ़कों की मात्रा पर निर्भर करता है। इसलिये सामान्यतः अधिक

वेगवती नदियाँ अधिक गहरी घाटियों की रचना करती हैं। यही कारण है कि नदियों के ऊपरी

चित्र 297—नदी घाटी का विकास

भाग में जहाँ धाराएँ वेगवती होती हैं, गहरी घाटियाँ बनती हैं किन्तु निचले भाग में जहाँ धाराएँ मन्द होती हैं, उथली घाटियाँ पाई जाती हैं।

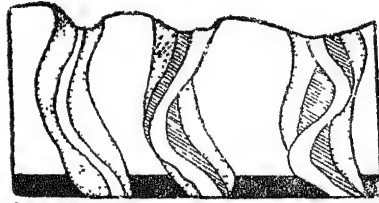
जिस गति से कोई नदी अपरदन करती है उसी के अनुसार घाटी की गहराई बढ़ती है। नदी के अपरदन की गति कई बातों से प्रभावित होती है। इसलिए अन्य सब बातें समान होते हुए भी सामान्यतः एक बड़ी नदी छोटी नदी की अपेक्षा अपनी घाटी को शीघ्र गहरा कर उसे चरमस्तर को पहुँचा देगी। इसी प्रकार कोमल चट्टानों से होकर बहने वाली नदी कठोर चट्टानों से होकर बहने वाली नदी की अपेक्षा अपनी घाटी को अधिक गहरा कर देगी और अधिक शीघ्रता से उसे चरमस्तर तक नीचा कर देगी।

किसी नदी-घाटी की गहराई उस भू-भाग की ऊँचाई पर भी निर्भर करती है जिससे होकर नदी बहती है। जो नदी जितने अधिक ऊँचे भू-भाग से होकर बहेगी उसकी घाटी उतनी ही अधिक गहरी होगी। कोलोरेडो नदी की कैनियन इसका अच्छा उदाहरण है। मैदानी भागों में ऐसी गहरी घाटियों की रचना कदापि सम्भव नहीं है। गहरी घाटियाँ वस्तुतः पहाड़ी और पठारी भागों की विशेषता हैं। परन्तु ऐसे उच्च भू-भागों में भी कोई घाटी जो गहराई प्राप्त कर सकती है वह नदी के ढाल और नदी-घाटी की समुद्र से दूरी पर निर्भर करेगी। अतः महाद्वीपों के तट के समीप नदी-घाटियाँ महाद्वीपों के भीतरी भागों में स्थित उसी ऊँचाई की नदी-घाटियों से अधिक गहरी होंगी।

प्रत्येक नदी के गहरे काटने की एक सीमा है। यह सीमा उसका आधार-तल (Base level) है। संसार की अधिकांश नदियाँ समुद्रों में गिरती हैं। अतः समुद्र-तल ही वह सीमा है जहाँ तक नदी अपनी घाटी को गहरा कर सकती है। कई नदियाँ झीलों एवं अन्य बड़ी नदियों में जाकर मिलती हैं, इसलिए वही उनका आधार-तल है और उन्हीं के द्वारा घाटी की गहराई की सीमा निश्चित होती है। किन्तु कोई भी नदी घाटी की गहराई की इस सीमा पर केवल अपने मुहाने के निकट ही पहुँच सकती है। मुहाने से दूर नदी-घाटी के ऊपरी भाग में वह सदैव ऊँचा रहता है।

घाटियों का चौड़ा होना (Widening of Valleys)

यदि किसी नदी-घाटी का विकास केवल गहरे कटाव (down cutting) द्वारा ही होता है तो उस घाटी की चौड़ाई उसके मध्य में बहने वाली नदी की चौड़ाई से अधिक नहीं होगी। किन्तु अधिकांश नदी-घाटियाँ जलधाराओं की अपेक्षा बहुत अधिक चौड़ी होती हैं। अतः स्पष्ट है कि नदी-घाटी के विकास में गहरे कटाव के अतिरिक्त अन्य कई बातें योग देती हैं। नदी-घाटियाँ अपने तल की अपेक्षा शीर्ष पर अधिक चौड़ी होती हैं। घाटियों की चौड़ाई कई प्रकार से बढ़ जाती है। मुख्य कारण निम्न हैं :

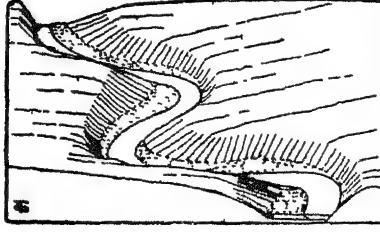


चित्र 298—नदी-घाटी का चौड़ा होना

(1) नदी-घाटी को चौड़ा करने में सर्वाधिक प्रभाव ऋतु-अपक्षय (weathering) का होता है। गहरे कटाव से ज्यो-ज्यों घाटी की गहराई बढ़ती है, ऋतु-अपक्षय के अभिकर्ता (agents) घाटी के ऊपरी तेज किनारों को काटते रहते हैं। फलस्वरूप नदी के ऊपरी तेज किनारे नष्ट हो जाते हैं और घाटी की ऊपर से चौड़ाई बढ़ जाती है। घाटी के ऊपरी भाग में ऋतु-अपक्षय का कार्य निम्न प्रकार से होता है :

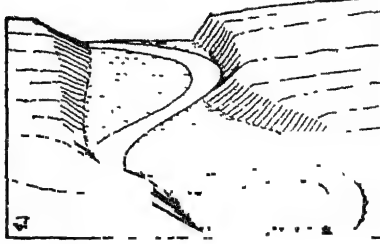
(क) जब घाटी के ढालों पर वर्षा होती है तो वर्षा का जल बहकर नदी-तल की ओर प्रवाहित होता है। ढालों से बहते समय वर्षा-जल अपने साथ बालू, मिट्टी व अन्य स्थूल पदार्थों को भी बहा ले जाता है। इससे घाटी के ढाल कट-कट कर चौड़े हो जाते हैं।

(ख) जब किसी घाटी के ढालों पर मिट्टी अथवा कोमल चट्टानें बिछी होती है तो वर्षा-जल से गीली होकर ढाल की ओर खिसकने लगती है। ऐसे अधोमुखी संचालन से घाटी चौड़ी होती है।

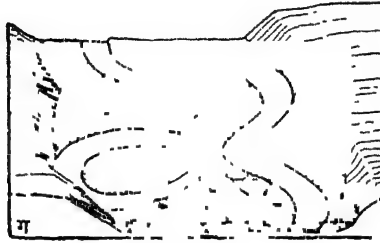


(ग) कभी-कभी घाटी के तीव्र ढालों की मिट्टी हवा उड़ाकर ले जाती है।

(घ) कभी घाटी के ढालों पर उगे हुए वृक्ष उखड़ जाते हैं। इससे मिट्टी व चट्टानों का घाटी तल की ओर स्थलन हो सकता है।



(ङ) घाटी के ढालों पर चलने वाले जानवर और मनुष्य भी न्यूनाधिक मात्रा में उसके पदार्थों को ढीला कर देते हैं, जिससे घाटी के ऊपरी भाग से पदार्थों का संचालन सम्भव होता है।



अतः वे समस्त विधियाँ जो घाटी के ऊपरी ढालों की मिट्टी अथवा चट्टानों को शिथिल बनाने में योग देती हैं और जो पदार्थों को घाटी के ढालों से खिसकाती हैं वे घाटी की चौड़ाई को बढ़ाती हैं।

(2) किसी मुख्य नदी में मिलने वाली सहायक नदियाँ भी घाटी को चौड़ा करने में योग देती हैं। विशेषतः जिस स्थान पर सहायक नदी मुख्य नदी से मिलती है वहाँ घाटी बहुत चौड़ी हो जाती है।

(3) घाटी को चौड़ा बनाने वाली विधियों में नदी स्वयं एक बहुत महत्वपूर्ण कारक (factor) है, क्योंकि नदी घाटी को गहरा करने के साथ-साथ अपने किनारों को भी काटती रहती है। कभी-कभी

चित्र 299—पार्श्विक अपरदन
द्वारा नदी-घाटी का चौड़ा होना

नदी की धारा घाटी के एक किनारे की ओर इतने प्रबल वेग से बहती है कि वह घाटी के किनारे को नीचे से बहुत अधिक काट देती है जिससे किनारे के ऊपरी भाग से पदार्थ खिसक पड़ता है। इस प्रकार नदी अपने पार्श्विक अपरदन (Lateral Erosion) द्वारा घाटी के किनारों को काटती रहती है और घाटी के ऊपरी ढालों से गिरे हुए पदार्थों अथवा भग्नाश्म राशि (Talus) को बहा ले जाती है, जिससे घाटी निरन्तर चौड़ी होती रहती है।

जब कोई नदी अपनी घाटी को गहरा काटते-काटते चरमस्तर को पहुँच जाती है तो फिर उसकी अपरदन शक्ति पार्श्विक अपरदन में ही लगती है। अतः चरमस्तर की प्राप्ति के बाद नदी घाटी का ऊपरी भाग ऋतु-अपक्षय द्वारा और नदी-घाटी का तल पार्श्विक अपरदन द्वारा चौड़ा होता रहता है। इसके परिणामस्वरूप संलग्न घाटियाँ (adjacent valleys) यहाँ तक चौड़ी हो सकती हैं कि उनके बीच का विभाजक कटकर नष्ट हो जाये, किन्तु अधिकतर घाटियों के बीच के विभाजक पूर्णतः नष्ट होने की अपेक्षा नीचे हो जाते हैं। जब कालान्तर में एक समूचा क्षेत्र नदियों के पार्श्विक अपरदन से कटकर प्रायः एक समतल मैदान बन जाता है तो समझना चाहिए कि वह स्थल भाग चरमस्तर को प्राप्त हो गया है।

घाटियों का लम्बा होना (Lengthening of Valleys)

ज्यों-ज्यों कोई नदी प्रौढता को प्राप्त होती जाती है; उसकी घाटी की लम्बाई भी बढ़ती जाती है। नदी अपनी घाटी को तीन प्रकार से लम्बा करती है :

(1) **अभिशीर्ष अपरदन (Headward Erosion)**—यद्यपि नदियाँ सामान्यतः अपने उद्गम के ऊपर अपरदन करने में असमर्थ होती हैं, परन्तु उनमें अभिशीर्ष अपरदन की प्रवृत्ति पायी जाती है। पहाड़ी भागों में प्रायः भारी वर्षा के बाद अवनालिकाये (gullies) बन जाती हैं। इस प्रकार एक ही वर्षा में बनी अवनालिकाये दूसरी वर्षा के समय अपने अभिशीर्ष पर उस जल द्वारा जो उसके शीर्ष पर बहकर आता है, लम्बी बन जाती हैं। यही बात नदी घाटियों के शीर्ष के लिए भी लागू होती है, क्योंकि नदी-घाटियाँ कुछ अवस्थाओं में अवनालिकाओं के समान ही होती हैं और वे अपने शीर्ष को अन्तरस्थल (inland) की ओर बढ़ाती हैं।

वस्तुतः अभिशीर्ष अपरदन द्वारा नदी का उद्गम पीछे की ओर खिसकता रहता है। नदी के उद्गम के पीछे खिसकने की यह क्रिया तब तक चलती रहेगी जब तक कि स्थायी जल-विभाजक स्थापित नहीं हो जाता। कभी-कभी नदियाँ अभिशीर्ष अपरदन द्वारा अपनी घाटी को जल-विभाजक के परे तक काट देती हैं और इस तरह एक घाटी का शीर्ष दूसरी घाटी में पहुँच जाता है। तब दोनों घाटियाँ मिल कर एक हो जाती हैं। इस प्रकार अभिशीर्ष अपरदन द्वारा नदी-घाटियों की लम्बाई बढ़ती रहती है।

(2) **नदी विसर्पण (River Meandering)**—जब नदी मैदान में बहती है तो मन्द ढाल के कारण उसका प्रवाह धीमा हो जाता है, जिससे नदी थोड़ा-सा अवरोध आने पर भी मोड़ खाकर बहने लगती है। इस अवस्था में नदी कहीं अपरदन और कहीं निक्षेप करती है, इससे भी नदी के मार्ग में विसर्पण बढ़ जाते हैं। जिस नदी में विसर्पण जितने अधिक होंगे, उसकी लम्बाई उतनी ही अधिक होगी। उदाहरणतः, मिसिसिपी नदी आयोग ने सन् 1929 से 1937 के बीच मिसिसिपी नदी के 13 विसर्पणों को काट दिया। फलतः नदी की लम्बाई 330.6 मील से घटकर 115.8 मील ही रह गयी।¹

(3) **नदी-घाटी का लम्बा होना** उसके मुहाने पर भी सम्भव है। कई नदियाँ अपने मुहाने पर बड़ी मात्रा में मिट्टी का निक्षेप करती हैं। इस प्रकार नदी के मुहाने का समुद्र की ओर विस्तार होता रहता है। कभी-कभी नदी के मुहाने के समीप की भूमि का उन्मज्जन हो जाता है, इससे भी घाटी की लम्बाई बढ़ जाती है। उदाहरणतः बसरा किसी समय ठीक फारस की खाड़ी के तट पर स्थित था, किन्तु दजला और फरात के द्वारा मुहाने पर मिट्टी जमा करने से अब वह तट से 50 मील भीतर की ओर स्थित है।² इसी तरह भारत में सूरत किसी समय ताप्ती नदी के मुहाने पर पश्चिमी तट का महत्वपूर्ण बन्दरगाह था, परन्तु अब वह समुद्र तट से बहुत भीतर की ओर स्थित है।

नदियों की प्रवृत्ति (River Regimes)

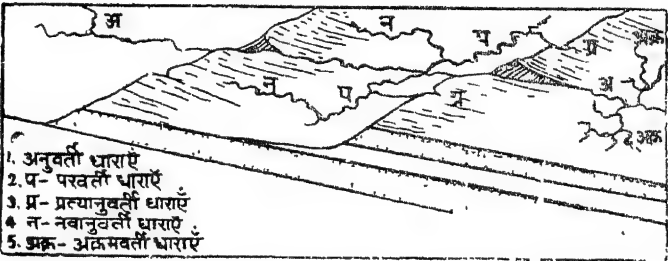
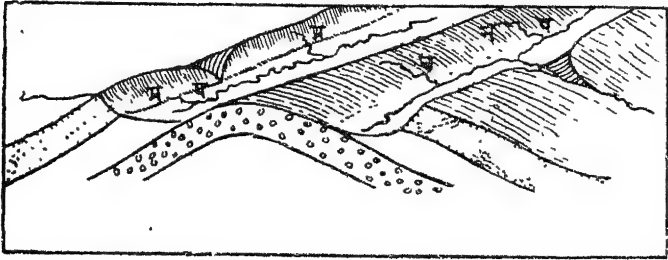
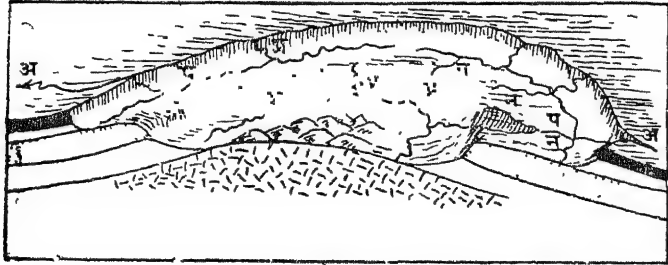
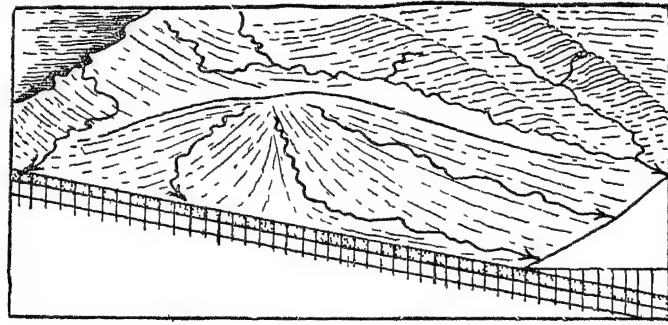
नदियाँ सदैव एक समान रूप से नहीं बहती। कभी उनमें जल की मात्रा अधिक और कभी बहुत कम होती है। नदियों की इस प्रवृत्ति का मानव-जीवन पर कई प्रकार से प्रभाव होता है। जब नदी के जल का आयतन बढ़ जाता है तो बाढ़ की भयानक समस्या उत्पन्न हो जाती है और जल का आयतन घट जाने से जल-विद्युत उत्पादन पर बुरा प्रभाव पड़ता है। अतः पिछले कुछ वर्षों से नदियों की प्रवृत्तियों के अध्ययन की ओर वैज्ञानिकों का काफी ध्यान आकर्षित हुआ है।

नदियों की प्रवृत्ति पर ऋतुवर्ष अवक्षेपण (जल-वर्षा एवं हिम-वर्षा दोनों), हिमनदियों तथा हिमक्षेत्र, अपवाह क्षेत्र में भूमि का ढाल, चट्टानों की प्रकृति एवं वनस्पति आदि सभी बातों का

1 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 201

2 C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 189

प्रभाव होता है। यदि कोई नदी हिम-क्षेत्रों से आती है और उनमें जल हिम पिघलने से ही प्राप्त होता है तो जाड़े के मौसम में उसमें बहुत कम जल रहेगा। अपरदन क्षेत्र में प्रायः सभी नदियों में



1. अनुवर्ती धाराएं
2. प- परवर्ती धाराएं
3. प्र- प्रत्यानुवर्ती धाराएं
4. न- नवानुवर्ती धाराएं
5. अक्र- अक्रमवर्ती धाराएं

चित्र 300—विभिन्न प्रकार की नदियाँ

जाड़े की ऋतु में पानी कम हो जाता है जिससे जल-विद्युत उत्पादन में कठिनाई उपस्थित हो जाती है। किन्तु ग्रीष्म के प्रारम्भ में हिम पिघलने के कारण इन नदियों में भारी बाढ़ आती है। अल्पाइन क्षेत्र में जहाँ ग्रीष्म में वर्षा होती है, वहाँ नदियों में जल की अधिकतम मात्रा जून व जुलाई में तथा न्यूनतम मात्रा पतझड़ के अन्त में रहती है। इसके विपरीत जो नदियाँ केवल वर्षा पर आधारित होती हैं (जैसे सीन व सोने) उनमें ग्रीष्म में कम पानी रहता है, क्योंकि ग्रीष्म में वाष्पीकरण तथा वनस्पति की आवश्यकता दोनों अधिक होती हैं।

उष्ण कटिबन्धीय भागों में तापमान तथा वाष्पीकरण दोनों निरन्तर ऊँचे रहते हैं। अतः इन भागों में नदियों में बाढ़ अधिकतम वर्षा के समय ही आती है। जैसे श्रीलंका में महाबली गंगा प्रायः मई के अन्दर लगभग सूख जाती है, परन्तु जुलाई में ग्रीष्म के मानसून के साथ ही उसमें बाढ़ आनी आरम्भ हो जाती है। दक्षिणी-पूर्वी एशिया की सभी बड़ी नदियों में जैसे इरावदी, मिकोंग व यांगटिसी आदि में ग्रीष्म ऋतु में भयानक बाढ़ें आती हैं, परन्तु जाड़े की ऋतु में शुष्क मानसून हवाओं के चलने से वर्षा का अभाव रहता है जिससे नदियों में जल की कमी रहती है।

विषुवतरेखीय प्रदेश में बहने वाली नदियों में वर्ष भर खूब पानी रहता है। जैसे अमेजन तथा कांगो नदियों में बराबर जल की अधिकता बनी रहती है। सूर्य की विषुव (equinoxes) स्थितियों में वर्षा की अधिकता के साथ इनमें जल की अधिकतम मात्रा हो जाती है।

मिस्र व सूडान में कृषि की सफलता अधिकांशतः नील नदी की बाढ़ों पर निर्भर करती है। नील में बाढ़ आने का कारण ब्लू नील है। ब्लू नील अबीसीनिया पठार से आती है। वहाँ मानसून द्वारा भारी वर्षा होती है। ब्लू नील इस पानी को नील में उँडेलकर बाढ़ उत्पन्न कर देती है। श्वेत नील पूर्वी अफ्रीका के विषुवतरेखीय पठार से आती है और इसका उद्गम एक झील से होता है। अतः इस नदी में बराबर जल बना रहता है, किन्तु दक्षिणी सूडान के सड क्षेत्र (Sudd area) में आने पर वाष्पीकरण के द्वारा इसका आयतन बहुत कम हो जाता है। यदि ब्लू नील नील की सहायक नदी होती और सोबत तथा अतबारा जैसी नदियाँ इसमें न मिलती होती तो नील नदी कभी भी भूमध्यसागर तक नहीं पहुँच सकती थी।

इराक में दजला एव फरात दोनों नदियाँ अरमेनिया के पहाड़ों से निकलती हैं। फरात नदी कई बातों में नील के समान है। यद्यपि इसके लम्बे मार्ग में कोई सहायक नदी नहीं मिलती, फिर भी भूमि के ढाल की अधिकता के कारण इसकी धारा बड़ी तेज रहती है। पतझड़ ऋतु में इसका प्रवाह न्यूनतम रहता है। दिसम्बर में जब टर्की में जाड़े की वर्षा होती है तो यह नदी बढ़ने लगती है। मई के अन्दर पर्वतीय क्षेत्रों में हिम के पिघलने से इसमें जल की अधिकता हो जाती है। जल का सर्वाधिक आयतन इसी समय रहता है। इसके विपरीत दजला नदी जेग्रोस पर्वत से आती है। इसमें कई सहायक नदियाँ मिलती हैं। अतः इसमें प्रायः विनाशक बाढ़ें आया करती हैं। इस नदी में पतझड़ के अन्दर जल की न्यूनता और अप्रैल में अधिकता रहती है। प्रो० डब्ल्यू० बी० फिशर ने बताया है कि फरात नदी सितम्बर में 8800 क्यूसेक जल छोड़ती है, किन्तु मई के अन्दर वह 11 फुट ऊपर उठ जाती है और लगभग 64,300 क्यूसेक जल छोड़ने लगती है। दजला नदी सितम्बर में बगदाद के समीप 11,900 क्यूसेक जल छोड़ती है, किन्तु अप्रैल में वह 1,06,650 क्यूसेक जल छोड़ने लगती है।¹

फ्रेंच वैज्ञानिक एम० पार्दे (M. Parde) ने विभिन्न कारणों को ध्यान में रखकर नदी प्रवृत्तियों के तीन प्रकार बताये हैं :²

(1) **साधारण प्रवृत्ति**—जब वर्ष भर में एक बार अधिकतम और एक बार न्यूनतम जल रहता है। जैसे यांगटिसी व वोल्गा।

(2) **द्वय प्रवृत्ति**—जिन नदियों में दो बार जल की अधिकता होती है, जैसे मेरोन में। ग्रीष्म के प्रारम्भ में हिम के पिघलने तथा पतझड़ व जाड़ों में वर्षा के कारण अथवा वर्षा की अधिकता होने से, जैसे अमेजन व कांगो में।

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 108

² *Ibid*, p. 109

(3) **जटिल प्रवृत्ति**—विश्व की अधिकांश बड़ी नदियाँ जो विभिन्न जलवायु प्रदेशों से बहकर आती हैं तथा जिनका अपवाह क्षेत्र बहुत विशाल होता है और जिनमें अनेक सहायक नदियाँ आकर मिलती हैं उनकी प्रवृत्ति जटिल होती है। वस्तुतः यह मिश्रित प्रवृत्ति का द्योतक है। राइन, डेन्यूब व मिसिसिपी ऐसी नदियों के उदाहरण हैं।

घाटियों का वर्गीकरण

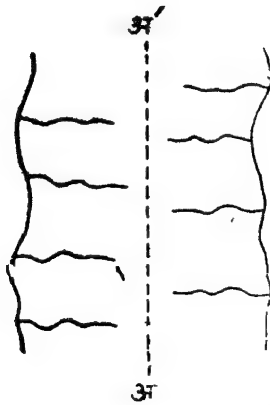
(Classification of Valleys)

पर्वतों के समान घाटियाँ भी धरातल का एक महत्वपूर्ण स्थल-रूप हैं। सामान्यतः घाटियों से तात्पर्य अपने आसपास की सतह से नीचे भू-भाग से होता है। संक्षेप में, धरातल के ऋणात्मक स्थल-रूपों को घाटियाँ कहा जाता है। कई विद्वान घाटी और नदी को एक ही अर्थ में लेते हैं, किन्तु दोनों में थोड़ा अन्तर है। घाटी से उसकी गहराई, चौड़ाई और ढाल का बोध होता है जबकि नदी से हमारा तात्पर्य उसमें प्रवाहित जल की मात्रा, प्रवाह गति, प्रवाह की दिशा एवं प्रवाहित जल के अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक कार्य से होता है। घाटियों के विभाजन का कई विद्वानों ने प्रयास किया है। यहाँ घाटियों का विभिन्न आधारों पर एक सरल वर्गीकरण प्रस्तुत किया जा रहा है :

1. आनुवंशिक वर्गीकरण (Genetic Classification)

यद्यपि **पावेल महोदय** ने सर्वप्रथम ढाल के अनुरूप उत्पन्न होने वाली घाटियों का वर्णन दिया, किन्तु उत्पत्ति के आधार पर बनने वाली घाटियों का क्रमबद्ध विभाजन **डेविस** ने ही प्रस्तुत किया। इसमें मुख्य घाटी के निर्माण के बाद अन्य घाटियों का क्रमिक रूप से विकास होता है और उन सब घाटियों का मुख्य घाटी से सम्बन्ध बना होता है। घाटियों को उनकी उत्पत्ति के आधार पर निम्न भागों में विभाजित किया जाता है :

(1) **अनुवर्ती घाटियाँ (Consequent Valleys)**—जब समुद्र के गर्भ से कोई स्थलखण्ड बाहर निकलता है तो उसका अपना एक विशेष ढाल होता है। इस स्थल-भाग का ढाल अपनी



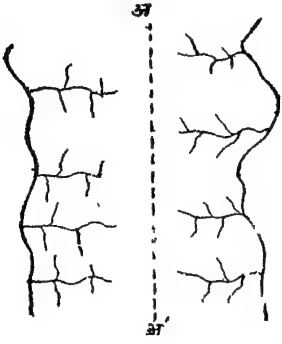
आसपास की पुरानी भूमि से बिल्कुल विपरीत नहीं तो भी कम से कम भिन्न अवश्य होता है। ऐसे स्थल-भाग के प्रकट होने के बाद उस पर जलधारा का प्रवाह भी शुरू हो जाता है। किन्तु प्रारम्भ में नदी का प्रवाह ढाल के अनुरूप ही होता है, क्योंकि उसकी चेष्टा यथाशीघ्र नीचे पहुँचने की रहती है। कभी-कभी नदी को नीचे उतरने में ऊँचे पहाड़ी क्षेत्रों में थोड़े-से भाग में ही मीलों चक्कर लगाना पड़ता है और तब कहीं वह उस भाग से बाहर निकल पाती है। इस प्रकार प्रारम्भ में नदी प्रवाह-मार्ग उसके वाह प्रदेश के ढाल के अनुसार होता है। दूसरे शब्दों में, नदियों का प्रारम्भिक प्रवाह पथ आरम्भिक स्थल की दशाएँ ही निर्धारित करती हैं। अतः भूमि के प्रारम्भिक ढाल के अनुरूप बहने वाली जलधाराओं को अनुवर्ती नदियाँ कहा जाता है।¹

चित्र 301—अनुवर्ती अपवाह
(बिन्दु रेखा जल-विभाजक है)

(2) **परवर्ती घाटियाँ (Subsequent Valleys)**—प्रारम्भिक ढाल के अनुरूप बहने वाली मुख्य नदी के दोनों किनारों

¹ "Streams that follow certain courses as a result of initial depressions in land surface or slopes that antedated the streams, are consequent streams."

पर वर्षा के कारण छोटी-छोटी सहायक नदियाँ बन जाती हैं। मुख्य नदी के दोनों किनारों पर दोनों दिशाओं से बहकर आने वाली इन सहायक नदियों को ही परवर्ती नदियाँ कहते हैं। अपरदन के द्वारा ढाल के अनुरूप बहने वाली मुख्य नदी के दोनों ओर का प्रदेश, मैदान व पहाड़ी श्रेणियों के रूप में ऊँचा-नीचा हो जाता है। अपरदन द्वारा बाद में बने इस ढाल के अनुरूप ही सहायक नदियों की घाटियाँ पर्वत के ढाल के समान्तर रहती हैं। ये सहायक नदियाँ अपने जल-विभाजकों को पीछे की ओर काटती हैं और मुख्य नदी की दिशा से तिरछी होती हैं। ये नदियाँ चूँकि अपरदन के द्वारा कटी-फटी भूमि पर बहती हैं, इसलिए बाद में बनी इन नदियों की घाटी चौड़ी व गहरी होती है।

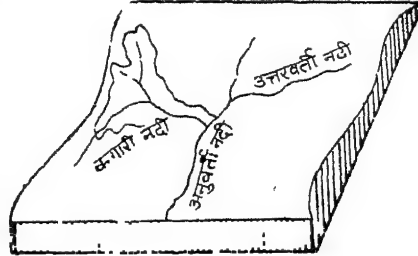


चित्र 302—परवर्ती अपवाह

(बिन्दु रेखा जल-विभाजक है) स्तर और मिल जाता है—जैसे कमजोर व मुलायम चट्टान, दरार व सघ आदि—तो ये गहरे कटाव तथा उद्गम की ओर काट-छाँट करके अपनी बाटी का विस्तार करने लगती हैं। कभी-कभी तो ढाल के अनुरूप बहने वाली मुख्य नदी भी बाद में बनी तलहटी में से होकर बहने लगती है। परवर्ती नदियों की रूपरेखा तथा आकार सदा नियमित होता है।

परवर्ती नदी का प्रवाह मुख्य नदी के समान ढाल के अनुरूप ही होता है। ये सहायक नदियाँ मुख्य नदी से लम्ब रूप में आकर मिलती हैं। कभी-कभी इनमें बनी नदी का जल विपरीत दिशा में बहने वाली नदी द्वारा हड़प लिया जाता है, जिससे वह वहाँ पर शुष्क बनी रह जाती है।

(3) प्रत्यानुवर्ती घाटियाँ (Obsequent Valleys)—ये धाराएँ परवर्ती धाराओं की सहायक नदियाँ हैं। ये परवर्ती धाराओं में समकोण बनाती हुई मिलती हैं। इनकी प्रवाह दिशा अनुवर्ती धाराओं के विपरीत होती है।¹ अनुवर्ती और परवर्ती धाराओं के बन जाने के बाद ही इन धाराओं की उत्पत्ति होती है। ये धाराएँ अधिकांशतः वर्षाऋतु में उत्पन्न होती हैं और पर्वतीय भागों में क्रम प्रपात बनाती हुई बहती हैं। ये धाराएँ छोटी होती हैं किन्तु इनकी प्रवणता बहुत अधिक होती है।



चित्र 303—अनुवर्ती, परवर्ती एवं प्रत्यानुवर्ती नदियाँ

(4) अक्रमवर्ती घाटियाँ (Insequent Valleys)—ये एक प्रकार की अनियन्त्रित धाराएँ हैं।² इन धाराओं पर किसी भी तरह का प्रभाव दृष्टिगोचर नहीं होता है। ये धाराएँ न तो संरचना का ही अनुसरण करती हैं और न उपस्थित ढाल का ही। ये किसी भी दिशा में प्रवाहित हो सकती हैं किन्तु ये अधिक बड़ी नहीं होती हैं। इनके द्वारा वृक्षसम अपवाह प्रणाली उत्पन्न होती है।

¹ "An obsequent stream is one which flows in a direction opposite to the dip of formation and opposite to that of the original consequent stream of the region."
—A. K. Lobeck

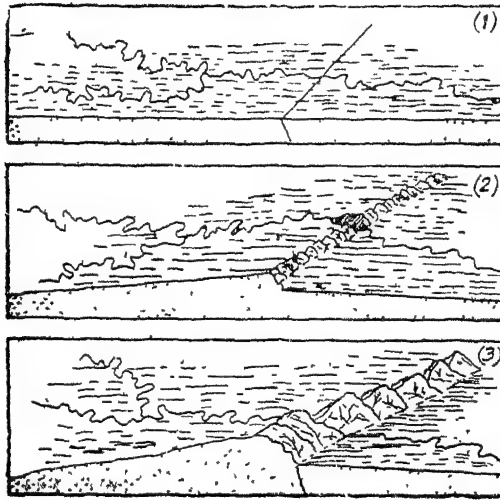
² "Streams that develop their valleys on flat-lying sediments or on massive rocks, such as granites, without strong structural control are called insequent streams."
—P. G. Worcesten

(5) नवानुवर्ती घाटियाँ (Resequent Valleys)—अनुवर्ती धाराओं की दिशा में बने वाली नवीन जल-धारा को नवानुवर्ती धारा कहा जाता है। वस्तुतः Recent (नव) और Consequent (अनुवर्ती) दोनों शब्दों के योग से ही Resequent (नवानुवर्ती) शब्द बना है। इन जल-धाराओं की उत्पत्ति नग्न धरातल पर काफी समय बाद निम्न तल (lower level) पर होती है। ये निर्माण के झुकाव के नीचे की ओर बहती है और इनकी दिशा अनुवर्ती धाराओं के समान होती है।

2 संरचना की दिशा के आधार पर वर्गीकरण (Classification according to Structural Trends)

कई बार घाटियों का विकास भूमि के ढाल और चट्टानों की संरचना के स्तर के अनुप्रस्थ दिशा में हो जाता है। ऐसी घाटियों को उत्क्षेप विमुख घाटियाँ (Inconsequent Valleys) कहा जाता है। ये घाटियाँ प्रायः वलन अथवा भ्रंशन के आर-पार होती हैं। इनके दो भेद हैं :

(1) पूर्ववर्ती अपवाह (Antecedent Drainage)—भौतिक शक्तियों के कारण भू-पटल पर नित्य-प्रति नये परिवर्तन हुआ करते हैं। कभी स्थल का कोई भाग नीचे दब जाता है और



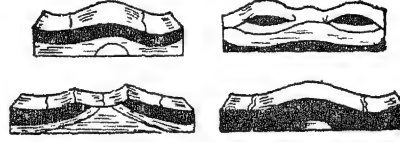
कभी कोई भाग ऊपर को उठ जाता है। जब कभी किसी नदी के मार्ग में कोई स्थल-भाग भू-चलन अथवा लावा के अन्तर्वेधन एवं बहिर्वेधन द्वारा ऊपर उठ जाता है तो नदी का प्रवाह रुककर भिन्न दिशा की ओर अग्रसर हो जाता है अथवा नदी प्रवाह और ऊँचे उठते हुए स्थल के बीच एक सघर्ष आरम्भ हो जाता है। यदि भूमि के ऊँचे उठने की गति नदी की घाटी को गहरा करने की गति से अधिक धीमी होती है तो उस प्रदेश की नदी पर उन्मज्जन (emergence) का कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा। उस प्रदेश की नदी पूर्ववत् बनी रहेगी और उसकी घाटी गहरी होती जायेगी। इस प्रकार जब कोई नदी विक्षेप

चित्र 304—पूर्ववर्ती अपवाह प्रणाली का विकास

उत्पन्न करने वाली शक्तियों (deflecting force) के तीव्र प्रभाव के विपरीत अपने मार्ग को बनाये रखने में सफल होती है तो उसे पूर्ववर्ती नदी कहा जाता है। ऐसी धाराएँ और उनका मार्ग समीपवर्ती भूमि के ढाल से भिन्न होता है।

किसी भी प्रदेश में पूर्ववर्ती जल-प्रवाह को पहचानने और उसको निश्चित करने के लिए वहाँ के उन्मज्जन के इतिहास को समझना आवश्यक होता है। नदी के मध्य भाग में सँकरी घाटी और झील के मैदान आदि से पूर्ववर्ती नदी को पहचाना जा सकता है। उत्तरी अमरीका की कोलम्बिया नदी, नेपाल की अरुणा नदी तथा भारत में बहने वाली सिन्धु, ब्रह्मपुत्र, सतलज और तिस्ता आदि नदियाँ सब इसी प्रकार की नदियाँ हैं। भारत की ये नदियाँ हिमालय के निर्माण के पूर्व भी उत्तर से दक्षिण की ओर प्रवाहित होती थी। बाद में हिमालय के निर्माण के उपरान्त भी पूर्ववत् बहती रही। इसका कारण यह है कि हिमालय के ऊँचे उठने की गति की अपेक्षा नदियों के अपरदन की गति तीव्र अथवा लगभग समान थी। इसका प्रमाण यह है कि जहाँ ये नदियाँ हिमालय को पार करती हैं, वहाँ इनकी घाटियाँ काफी गहरी, तंग और सपाट ढाल वाली हैं।

(2) अध्यारोपित अपवाह (Super-imposed Drainage)—पृथ्वी की हलचलों के कारण कई बार नदियाँ भारी निक्षेप के नीचे पूर्णतया दब जाती हैं। कालान्तर में इस निक्षेप के ऊपर पुनः नवीन नदियाँ बहने लगती हैं। इस प्रकार निक्षेप के ऊपर बहने वाली नवीन नदियों को ही अध्यारोपित प्रवाह (Super-imposed Drainage) कहा जाता है। अध्यारोपित प्रवाह तीन रीतियों से सम्भव हो सकता है—लावा निक्षेप के द्वारा, हिम निक्षेप के द्वारा और धरातल के समुद्र में डूब जाने पर सागरीय निक्षेप के द्वारा। इस प्रकार की नदियों के उदाहरण उत्तरी अमरीका और इंग्लैण्ड के शील प्रदेश में देखे जाते हैं।



चित्र 305—अध्यारोपित नदी का विकास

अध्यारोपित नदी में प्रवाह कभी भी उसकी तलहटी की चट्टानों की संरचना के अनुसार नहीं होता। इसमें नदी का प्रारम्भ निक्षेपित पदार्थ अथवा मुलायम धरातल के ऊपर होता है, इसलिए उसका प्रवाह कोमल अथवा मुलायम चट्टानों के अनुरूप ही बनता है। धीरे-धीरे नदी अपनी घाटी की कोमल चट्टानों को काट डालती है और उसकी तलहटी में कठोर चट्टानें निकल आती हैं। इन चट्टानों की संरचना ऊपरी चट्टानों से बिल्कुल भिन्न होती है, फिर भी नदी इन चट्टानों पर पूर्ववत् बहती रहती है और उनको काटती जाती है। यदि घाटी बनने के पूर्व आरम्भ में इस प्रकार की चट्टानें धरातल पर होती तो नदी इनसे हटकर ही बहती। परन्तु अब इस समय तक घाटी इतनी स्थायी बन गयी होती है कि वह इन कठोर चट्टानों पर भी अपना मार्ग बनाये रहती है, क्योंकि चट्टानों के ऊपर आने के पूर्व जो अपवाह प्रणाली बन गयी थी वही इन चट्टानों पर भी आरोपित हो जाती है। इस कारण इसको अध्यारोपित (Exgenetic) अपवाह कहते हैं।¹

अध्यारोपित अपवाह में नदी स्वाभाविक रूप से अपनी घाटी बनाती जाती है, परन्तु चट्टानों की संरचना में परिवर्तन हो जाने से उनमें भँवर व प्रपात आदि बन जाते हैं और उनका पाट भी तंग हो जाता है।

3. संरचना के नियन्त्रण के आधार पर वर्गीकरण (Classification according to the Controls of the Structure)

यहाँ संरचना से अर्थ चट्टानों की भू-गर्भिक संरचना से है। इस आधार पर घाटियों को निम्न भागों में बाँटा जा सकता है :

(1) एक दिग्गत घाटी (Homoclinal or Uniclinal Valleys)—अब किसी स्थान पर शैल-स्तर समान कोण पर एक ही दिशा में झुके हुए होते हैं तो उसे एक दिग्गत संरचना कहते हैं। चट्टानों की ऐसी संरचना में विकसित घाटी को एक दिग्गत घाटी कहा जाता है। ऐसी घाटियों का विकास स्तर के नतिलम्ब (strike) के सहारे होता है और घाटी के दोनों किनारे असमान ढाल वाले होते हैं। रॉकीज व अप्लेशियन पर्वत में ऐसी घाटियों के कई उदाहरण मिलते हैं।

(2) अपनति घाटी (Anticlinal Valleys)—जब किसी स्थान पर घाटी की रचना अपनति अक्ष के सहारे होती है तो उसे अपनति घाटी कहते हैं।

(3) अभिनति घाटी (Synclinal Valleys)—जब किसी स्थान पर घाटी का निर्माण अभिनति अक्ष के सहारे होता है तो अभिनति घाटी कहा जाता है।

¹ "Streams whose courses have been fore determined by the rocks in which they first started to cut their valleys are super-imposed." —P. G. Worcester

(4) भ्रंश घाटी (Rift Valley)—जब किसी घाटी का विकास भ्रंशन से उत्पन्न निम्न भागो मे होता है तो भ्रंश घाटी और भ्रंश रेखा के सहारे उत्पन्न घाटी को भ्रंश रेखा घाटी कहा जाता है ।

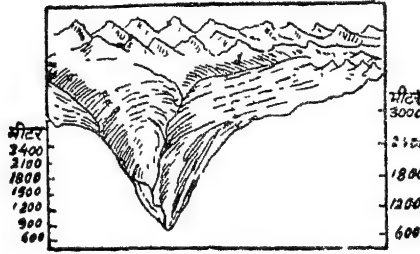
(5) सन्धि घाटी (Joint Valley)—जब कही पर चट्टानों की सन्धियों के सहारे घाटी का विकास होता है तो उसे सन्धि घाटी कहते हैं ।

नदी-परिच्छेदिका

(River Profiles)

यदि किसी प्रदेश मे वर्षा द्वारा प्राप्त जल भूमि पर तात्कालिक बाह के रूप मे चादरवत बहकर चला जाये तो उस प्रदेश मे किसी भी प्रकार की घाटी की रचना नहीं होगी । किन्तु हम जानते है कि वर्षा का जल ढाल के अनुसार बहता है और जब वह बहता है तो भूमि को काटकर नालियाँ बनाता है । धीरे-धीरे ये नालियाँ गहरी तथा चौड़ी होती रहती है जिससे नदी-घाटी की रचना होती है । यदि हम इस नदी-घाटी के रूप और उसकी दृश्य-भूमि का अध्ययन करना चाहें तो वह नदी-परिच्छेदिका के द्वारा ही भली प्रकार किया जा सकता है । नदी परिच्छेदिका से तात्पर्य उस पार्श्व चित्र से है जो नदी के उद्गम से लेकर उसके मुहाने तक के ढाल को काट देने मे प्राप्त होता है । ऐसे पार्श्व चित्र मे एक घाटी की सभी विशेषताएँ खण्ड रूप में प्रकट होंगी । नदी-परिच्छेदिका के दो रूप है : (1) अनुप्रस्थ परिच्छेदिका, और (2) अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका ।

(1) अनुप्रस्थ परिच्छेदिका (Transverse Profile)—नदी की घाटी अपने उद्गम से लेकर अन्त तक किस प्रकार गहरी और चौड़ी होती है, यह अनुप्रस्थ परिच्छेदिका से ज्ञात होता है । प्रायः सभी नदियों का उद्गम पर्वतों से होता है । इस



चित्र 306—वी-आकार की घाटी

पर्वत गहरी हो जाती है । इस भाग में घाटी के किनारे ऊँचे और खड़े ढाल वाले होते हैं, जिससे घाटी एक गार्ज अथवा कैनियन के सदृश लगती है । गहरी एवं संकीर्ण घाटियाँ इस भाग की विशेषता है ।

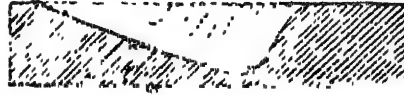
पर्वतीय प्रदेश को छोड़ने के बाद नदी मैदान में प्रवेश करती है । मैदान में प्रवेश करने के साथ ही नदी के ढाल मे परिवर्तन आ जाता है । इससे नदी का प्रवाह मन्द पड़ जाता है और अपरदन की तीव्रता नष्ट हो जाती है । फिर भी नदी का लम्बवत अपरदन चलता रहता है । किन्तु इस अवस्था मे लम्बवत अपरदन की अपेक्षा पार्श्विक अपरदन अधिक होता है । फलस्वरूप नदी की घाटी यहाँ गहरी होने की तुलना मे चौड़ी अधिक होती है । इस भाग मे नदी के प्रवाह मार्ग की रूपरेखा ढाल कम होने की गति के अनुरूप होती है ।

पर्वतीय भाग मे नदी अपने तीव्र प्रवाह के कारण मार्ग मे पडने वाली समस्त रुकावटों को बहाकर ले जाने मे समर्थ होती है, परन्तु मैदानी भाग में मन्द प्रवाह के कारण जल-धारा एक हल्के अवरोध से भी मुड जाती है । अतः इस भाग मे नदी में अनेक विसर्प बन जाते हैं । इन विसर्पों के विकास के साथ-साथ नदी की घाटी अधिकाधिक चौड़ी होती जाती है । इस भाग में घाटी की

दीवारें पर्वतीय भाग की तरह सपाट तथा खड़ी नहीं होतीं। यहाँ दीवारें घाटी-तल से सीधी ऊपर उठने की अपेक्षा कुछ चौड़ी और ढाल लिए हुए होती है।

जब नदी मैदानी भाग छोड़कर डेल्टाई भाग में पहुँचती है तो वहाँ भूमि का ढाल नितान्त ही मन्द होता है। अतः यहाँ नदी का प्रवाह बहुत ही धीमा हो जाता है। इस भाग में घाटी को गहरा करने का कार्य प्रायः समाप्त हो जाता है। किन्तु जलोढ़कों की अधिकता के कारण नदी अपने किनारों को काटती रहती है जिससे नदी-घाटी बहुत चौड़ी हो जाती है। यहाँ तक कि नदी का V-आकार बिलकुल नष्ट हो जाता है।

यहाँ यह भी उल्लेखनीय है कि ढाल के अतिरिक्त चट्टानों की संरचना का भी नदी-घाटी के विकास पर प्रभाव पड़ता है। धरातल पर बिछी कठोर एवं मुलायम चट्टानों के परत विशेष दृश्य उत्पन्न करते हैं। मुलायम चट्टानों में बनी घाटियाँ कठोर चट्टानों में बनी घाटियों की अपेक्षा अधिक चौड़ी होती है। यही क्यों? एक ही नदी-घाटी में जब कठोर और मुलायम चट्टानें मिलती हैं तो कठोर चट्टानों वाले भाग में नदी-घाटी खड़े किनारों वाली और मुलायम चट्टानों वाले भाग में नदी-घाटी खुली और मन्द ढाल के किनारों वाली होती है। जब नदी-घाटी में कठोर एवं मुलायम चट्टानों का क्षैतिज विस्तार होता है तो नदी एकसमान रूप से चौड़ी नहीं होती। ऐसी दशा में कठोर चट्टानों में 'शिला पीठिका' अथवा सीढ़ियाँ (Rock Benches) बन जाती है। इससे नदी-घाटी का V-रूप भ्रष्ट हो जाता है। जब किसी नदी-घाटी के एक तट पर मुलायम और दूसरे तट पर कठोर चट्टानें बिछी होती हैं तो मुलायम चट्टानों वाले तट पर अधिक अपरदन होता है जिससे उस तट का ढाल साधारण होता है। इसके विपरीत कठोर चट्टानों वाले तट पर अपरदन कम होता है जिससे तट तीव्र ढाल वाला होता है।



चित्र 307—वी-आकृति का नष्ट होना

अनुप्रस्थ परिच्छेदिका द्वारा इस प्रकार नदी-घाटी की अवस्था का भली प्रकार ज्ञान हो जाता है। घाटी अनुप्रस्थ रूप में V-आकार की होती है। घाटी की प्रारम्भिक अवस्था में V-आकार बड़ा संकीर्ण होता है। बाद में धीरे-धीरे यह V-आकार चौड़ा हो जाता है। अतः पार्श्व चित्र के रूप में उद्गम के निकट घाटी V-आकार की और मुहाने के समीप U-आकार की होती है।

(2) अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका (Long Profile)—किसी भी नदी का प्रारम्भिक प्रवाह मार्ग प्रारम्भिक स्थलखण्ड के ढाल के अनुरूप होता है। यदि नदी के मार्ग में सर्वत्र ही अपरदन एक समान रूप से होता है तो नदी का ढाल भी एकसमान बनता है। अतः यदि प्रारम्भिक स्थलखण्ड पूर्णतः चौरस हुआ तो उस पर नदी का लम्बात्मक पार्श्व चित्र एक रेखा की भाँति दिखाई पड़ेगा। किन्तु नदी के मार्ग में सर्वत्र एकसमान अपरदन होना सम्भव नहीं है। समुद्र तट के निकट नदी का गहरा कटाव समुद्र-तल से प्रभावित होता है। अतः यहाँ नदी समुद्र-तल से नीचे नहीं काट सकती। उद्गम के समीप भी नदी के गहरे काटने की शक्ति सीमित होती है, क्योंकि यहाँ नदी में जल की मात्रा और जलोढ़क दोनों ही कम होते हैं जिससे गहरा अपरदन अधिक नहीं हो पाता। सर्वाधिक गहरा कटाव नदी के मध्यवर्ती मार्ग में होता है। नदी-घाटी में अपरदन की इन विशेषताओं के फलस्वरूप प्रारम्भिक अवस्था में नदी-घाटी का एक अस्पष्ट (rough) अवतल पार्श्व चित्र विकसित होता है।

जब नदी में गहरा कटाव (down cutting) तीव्रता पर होता है तो चट्टानों की कठोरता में विभिन्नता के कारण नदी-घाटी के ढाल में अनेक विषमताएँ—जल-प्रपात एवं क्षिप्रिका आदि—

उत्पन्न हो जाती है। कुछ जल-प्रपात और क्षिप्रिकाएँ तो ढाल की स्वाभाविक विषमता के कारण बनती हैं, जैसे भ्रंशन के कारण भू-पटल का एक भाग ऊँचा या नीचा हो जाता है तो भ्रंशन रेखा के समीप नदी में जल-प्रपात बन जाता है। किन्तु ऐसे जल-प्रपात अस्थायी होते हैं। ऐसे जल-



चित्र 308—सन्तुलित पार्श्विका

प्रपात जो चट्टानों के अपरदन की भिन्नता के कारण उत्पन्न होते हैं, अधिक स्थायी और महत्वपूर्ण होते हैं। किन्तु अपरदन क्रिया से ऐसे प्रपात भी पीछे हटते-हटते अन्त में नष्ट हो जाते हैं। नदी की युवावस्था में भिन्न सरचना की चट्टानों में कभी-कभी उथली झीलें भी विकसित हो जाती हैं, परन्तु इनका जीवनकाल भी बड़ा अल्प होता है। नदी के गहरे काटने की क्रिया के साथ ज्यों-ज्यों नदी का मुहाना नीचा होता जाता है, इन झीलों का अस्तित्व नष्ट होता जाता है।

यदि दीर्घकाल तक नदी की अवस्थाओं में किसी भी प्रकार व्याघात—स्थल का उत्क्षेप या विक्षेप—उत्पन्न न हो तो नदी अपने मार्ग की समस्त असमतलताओं को मिटाने में सफल हो जायगी। ऐसी दशा में नदी अपने उद्गम से लेकर अन्त तक एकसार हो जायगी। नदी की इस अवस्था को 'समतलावस्था' (graded stage) कहते हैं। इस अवस्था में नदी का लम्बात्मक ढाल-खण्ड (long profile) अपने शीर्ष के निकट एकदम ढालू और मुहाने की ओर एकसमान मन्द ढाल वाला होगा। प्रत्येक नदी अपने मार्ग में इसी सन्तुलित अवस्था को पहुँचने का प्रयास करती है। ढाल खण्ड की इस अवस्था को ही सन्तुलित पार्श्विका (profile of equilibrium) कहा जाता है।

नदियों का चरम स्तर को पहुँचना (Grading of Rivers)

धरातल पर जल का सन्तुलित बहाव ही नदी का ध्येय है। उसके प्रवाह प्रदेश का जल बिना किसी रुकावट के बह जाय और वह समुद्र में पहुँच जाय, इस कार्य के निमित्त नदी अपनी घाटी को बराबर काटती-छाँटती रहती है। परन्तु उसके अपनी घाटी को काटने की भी एक सीमा है। अधिक से अधिक जिस गहराई तक नदी अपनी तलहटी को काट सकती है, वह आधार-तल (base level) कहलाता है। आधार तल और सागर तल (sea level) सदा समतल होते हैं क्योंकि सागर-तल के समीप पहुँचकर धारा अपनी तलहटी को गहरा करना छोड़ देती है। इसलिए आरम्भ से लेकर संगम तक धारा अपने मार्ग की तलहटी को उस समय तक बराबर गहरा करती रहती है जब तक धारा की तलहटी आधार-तल के बराबर न हो जाय।

संसार का सागर-तल ही सार्वभौमिक आधार-तल है। अतः समस्त बड़ी नदियाँ समुद्र में ही गिरती हैं। परन्तु सहायक नदियों का आधार-तल उसकी प्रमुख नदी ही होती है। जो नदियाँ झीलों में गिरती हैं उनका आधार-तल झील होती है। इस प्रकार के आधार-तल को स्थानीय आधार-तल (local base level) अथवा अस्थायी आधार-तल (temporary base level) कहते हैं। कुछ लोग इसे अपरदन की आधार रेखा भी कहते हैं। जर्मन भाषा में इसे थालवेग (Thalweg) कहा जाता है। जब नदी आधार-तल को पहुँच जाती है तो उसका बहाव बड़ा ही सरल हो जाता है। आधार-तल को पहुँच जाने पर जल इतनी सरलता से बहता है कि बड़ी-बड़ी नदियाँ बहुत ही क्रमिक ढाल अपना लेती हैं। मिसिसिपी नदी के निम्न भाग का ढाल प्रति मील दो से तीन इंच है, फिर भी यह नदी प्रति वर्ष अपने साथ 67,000 लाख घन फुट तलछट

निलम्बित (suspended) अवस्था में, 7,500 घन फुट तलहटी के साथ लुढ़काते हुए और 14,000 लाख घन फुट खनिज घोल के रूप में बहा ले जाती है। संक्षेप में, नदी की घाटी के ऐसे ढाल को जिस पर नदी का जल और प्रवाहित जलोढक सरलता से बह सके, चरम-स्तर (grade) कहते हैं। वस्तुतः चरम-स्तर आवश्यक सन्तुलन की वह दशा है जो अपरदन (erosion) और निक्षेपण (deposition) के बीच होती है। दूसरे शब्दों में, यह वह सम स्थिति है जब निक्षेप और अपरदन की क्रियाएँ बराबर होती हैं। जो नदियाँ चरम-स्तर को पहुँच चुकी होती हैं उनके मार्ग का ढाल ऐसा होता है कि समतल भाग नदी के मुँह और उत्तल भाग उद्गम के निकट होता है। वास्तव में हरेक नदी की प्रवृत्ति अपरदन द्वारा “पूर्ण चरम-स्तर” (perfect grade) प्राप्त करने की रहती है। किन्तु पूर्ण चरम-स्तर की अवस्था एक कल्पना मात्र है क्योंकि यह कदापि सम्भव प्रतीत नहीं होता कि नदी का जलोढक, जल का आयतन और प्रवाह वेग इतने स्थायी हो जायँ कि नदी न तो अपरदन ही करे और न निक्षेपण ही। इसके अतिरिक्त जो चरम-स्तर की दशा बन पाती है वह चिरस्थायी नहीं होती। अन्य दशाओं के परिवर्तन के साथ वह भी बदलती रहती है। महासागर स्वयं लम्बी अवधि में समान रूप से स्थिर नहीं रहते।

नदियों का पुनर्युवन (Rejuvenation of Rivers)

भू-गर्भिक हलचलों के कारण पृथ्वी का भू-पटल ऊँचा-नीचा होता रहता है। भू-पटल पर इन परिवर्तन के फलस्वरूप किसी देश की नदी के इतिहास में यकायक उथल-पुथल हो जाती है। किसी प्रदेश की भूमि के तनिक भी ऊँचा-नीचा होने से नदी के अपरदन-चक्र का क्रम उलट जाता है, जिससे नदी अपनी घाटी की पुनः काट-छाँट करने लगती है। फलस्वरूप एक पुरानी नदी में फिर से पुनर्युवन का संचार हो जाता है। संक्षेप में, पुनर्युवन नदी की वह अवस्था है जबकि सन्तुलित अवस्था को प्राप्त नदी ढाल (profile of equilibrium) पर पुनः अपरदन कार्य प्रारम्भ हो जाता है।

सामान्यतः नदी में पुनर्युवन घटना प्रायः उस समय होती है जबकि वह चरम-स्तर को पहुँच चुकी होती है और उसके मार्ग में विसर्पण (meanders) बन चुके होते हैं। दूसरे शब्दों में, नदी प्रौढ़ावस्था को प्राप्त हो जाती है। यद्यपि पुनर्युवन नदी-घाटी के विकास की किसी भी अवस्था में हो सकता है। पुनर्युवन के बाद उस प्रदेश में प्रथम अपरदन चक्र के स्थान पर दूसरा अपरदन चक्र प्रारम्भ हो जाता है। इस प्रकार एक प्रदेश अनेक अपरदन चक्रों से गुजर सकता है। अन्त में इसके परिणामस्वरूप उस प्रदेश में सामान्यतः भू-आकारों का उस प्रदेश की प्राकृतिक रचना से कोई सम्बन्ध नहीं रहता।

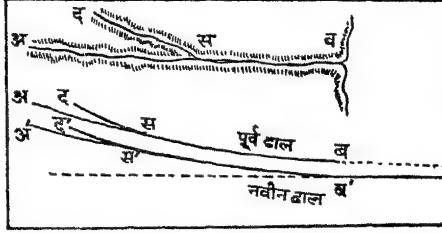
नदी में पुनर्युवन कई प्रकार से होता है। थार्नबरी के अनुसार पुनर्युवन के चार प्रकार हैं:¹

(1) गतिक पुनर्युवन (Dynamic Rejuvenation)—यदि किसी सन्तुलित अवस्था को प्राप्त नदी की घाटी में भू-गर्भिक हलचलों के कारण भूमि का उत्क्षेप हो जाता है तो नदी का सन्तुलित ढाल बिगड़ जाता है। अतः नदी पुनः अपनी घाटी को काटना प्रारम्भ कर देती है, ताकि वह शीघ्र से शीघ्र सन्तुलित अवस्था को प्राप्त कर ले। इस प्रकार भूमि उत्क्षेप के कारण नदी में पुनर्युवन की उत्पत्ति को ‘गतिक पुनर्युवन’ कहा जाता है।

(2) समस्थितिक पुनर्युवन (Eustatic Rejuvenation)—जब किसी भी रीति से समुद्र का जल-तल नीचा हो जाता है तो उससे उत्पन्न पुनर्युवन ‘समस्थितिक पुनर्युवन’ कहा जाता है। समुद्र के जल-तल में यह अन्तर एडवर्ड सुवेस के अनुसार पृथ्वी की ‘पटल विरूपण समस्थितिका’ (Diastrophic Eustatism) के कारण हो सकता है। इसके विपरीत हेनरी बौलिंग का कहना

¹ W. D. Thornbury : *Principles of Geomorphology*, p. 142

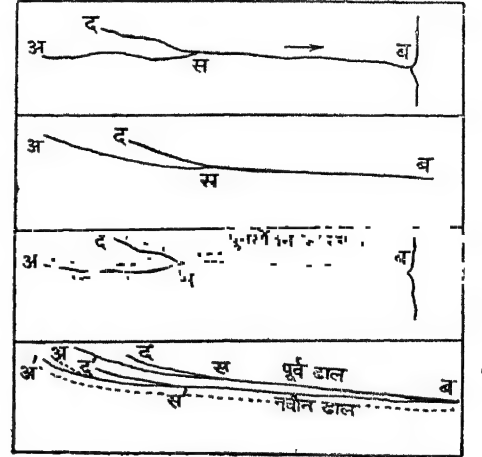
है कि 'हिमानी समस्थितिकता' (Glacio Eustatism) का समुद्र के जल-तल पर प्रभाव पड़ता है। पटल विरूपण अथवा हिमयुगों के महासागरों में जल की कमी हो जाने से जब समुद्र का जल-तल नीचा हो जाता है तो उसका प्रभाव तत्काल चरम-स्तर को प्राप्त नदियों के कार्य पर पड़ता है। समुद्र-तल के नीचा हो जाने पर नदियाँ अपनी घाटी को और गहरा काटने लगती हैं जिससे नदियों के मुहाने अधिक नीचे होने लगते हैं। उदाहरण के लिए, नीचे के चित्र में अ ब एक प्रौढावस्था को प्राप्त नदी है। समुद्र के जल-स्तर के नीचा होने में उसका ढाल अ' ब' हो सकता है। परिणाम-



चित्र 309

स्वरूप नदी का ढाल पहले की अपेक्षा बढ़ जायगा। ऐसी स्थिति में नदी अपनी घाटी को पुनः गहरा काटने लगेगी। यह नदी की पुनः यौवनावस्था होगी। अ स ब नदी का प्रयत्न अपने पूर्व ढाल को प्राप्त करना रहेगा जो कि अ' स' ब' होगा। मुख्य नदी की शाखा द स को भी अपनी घाटी को अधिक गहरा करना पड़ेगा और स द नदी का ढाल बदलकर द' स' हो जायगा। सम्पूर्ण नदी-घाटी में इस प्रकार पुनर्युवन लक्षित होता है।

(3) स्थैतिक पुनर्युवन (Static Rejuvenation)—जलवायु के परिवर्तन के कारण वर्षा की अधिकता से जब किसी नदी में जल के आयतन बढ़ जाने या जलोढ़क की मात्रा अधिक हो जाने अथवा नदी स्रोत हरण या डेल्टे के निकट भूमि के धँस जाने आदि से पुनर्युवन होता है तो उसे स्थैतिक पुनर्युवन कहा जाता है। उदाहरणस्वरूप यहाँ दिये गये चित्र में अ ब मुख्य नदी है और द स उसकी सहायक नदी है। जब द स नामक नदी आवश्यक भार लाने में असमर्थ हो जाती है तो मुख्य नदी के स ब भाग में भी भार की कमी हो जायगी जिससे वह अधिक काटने का कार्य करने लगेगी। इससे नदी का ढाल घटकर स' ब' रह जायगा। दूसरी ओर अ स' का ढाल बढ़ जायगा जिससे इसका भी अधिक कटाव प्रारम्भ हो जायगा। अन्त में नदी की अनुदैर्घ्य परिच्छेदिका अ व स से बदल अ' व' स' हो जायगी।



चित्र 310

उपर्युक्त किसी भी कारण से जब नदी का पुनर्युवन हो जाता है तो उससे निम्न भू-आकारों का विकास होता है :

(1) नदी-घाटी में पुनः गहरे कटाव के कारण अपरदन के प्रथम चक्र में बनी खुली और चौरस घाटी में एक बहुत ही सकीर्ण अर्थात् खड़े ढाल वाली घाटी (valley in valley structure) बन जाती है।

(2) बाढ़ के मैदान में पुनः गहरे कटाव के कारण नवीन घाटी के दोनों तटों पर वेदिकाओं (terraces) का निर्माण होगा। वेदिकाओं का ऊपरी भाग समतल कठारी मैदान होगा।

(3) पुनर्युवन से नदी के विसर्पण और अधिक गहरे हो जाते हैं। कठोर चट्टानी भागों

मे ऐसे विसर्पण शैलों के अन्दर भी बन जाते हैं जिन्हें अधःकृतित विसर्प (incised meanders) कहते हैं। दामोदर नदी की घाटी में ऐसे अनेक विसर्पण बने हुए हैं।

(4) जब नदी-घाटी में कहीं भ्रंशन बन जाता है तो नदी-तल में भ्रंशन के सहारे यकायक परिवर्तन होता है, जिससे क्षिप्रिका (rapids) या जल-प्रपात उत्पन्न हो जाते हैं। भ्रंशन के ऊपर और नीचे समान वृद्धावस्था के लक्षण पाये जाते हैं। किन्तु भ्रंशन वाले स्थल में उभार के स्थान पर नदी पुनः गहरा कटाव प्रारम्भ कर देती है।

नदी के कार्य

भूमि पर प्रवाहित जल मुख्यतः तीन प्रकार के कार्य करता है—(1) अपरदन, (2) परिवहन, और (3) निक्षेप। नदी के इन कार्यों की विशद विवेचना नीचे दी जा रही है :

नदी का अपरदन कार्य

(River Erosion)

नदी के प्रवाहित जल में अपरिमित शक्ति होती है। इसी शक्ति के कारण वह शिलाखण्डों को ढोता है। शिलाखण्डों की इस ढुलाई से नदी का तल और किनारे कटते हैं जिससे नदी की घाटी गहरी और चौड़ी होती है। साथ ही शिलाखण्ड भी पारस्परिक घर्षण से घिसकर चूर्ण हो जाते हैं। इस प्रकार प्रवाहित जल से स्थल का तल बराबर कटता रहता है। यही नदी का अपरदन कार्य है।

नदियों द्वारा अपरदन दो प्रकार से होता है—(1) रासायनिक अपरदन (chemical erosion), (2) भौतिक अपरदन (mechanical erosion)। रासायनिक अपरदन में जल नदी-तल की घुलनशील चट्टानों को घुलाकर बहा ले जाता है और भौतिक अपरदन में प्रवाहित जल नदी के किनारों और तल की चट्टानों को काटता है। किनारों के कटने से नदी चौड़ी और तल के कटने से गहरी होती है। अतः ऐसे अपरदन को क्रमशः पार्श्विक अपरदन (lateral erosion) एवं लम्बवत अपरदन (vertical erosion) कहा जाता है। नदी-घाटी के निर्माण में दोनों ही प्रकार के अपरदन कार्य योग देते हैं।

अपरदन की विधियाँ

नदी का अपरदन कार्य निम्न चार विधियों से होता है :

- (1) संक्षारण क्रिया (Corrosion of Solution),
- (2) जलीय दाब की क्रिया (Hydraulic Action),
- (3) अपघर्षण (Corrosion or Abrasion),
- (4) संनिघर्षण (Attrition)।

(1) संक्षारण क्रिया (Corrosion)—जल में पदार्थों को घुलाने की बड़ी शक्ति है। नदी जल की यह विलेयता उसके खारीपन, कार्बन डाइ ऑक्साइड और अन्य गैसों के सम्मिश्रण से और भी बढ़ जाती है। अतः प्रवाहित जल प्रतिवर्ष बड़ी भारी मात्रा में अपने मार्ग की चट्टानों को घुलाकर समुद्र में ले जाता है। मरे ने यह अनुमान लगाया है कि प्रति क्यूबिक मील नदी के जल में लगभग 7,62,587 टन खनिज पदार्थ घुले रहते हैं।¹ प्रतिवर्ष ससार की समस्त नदियाँ करीब 6,500 क्यूबिक मील पानी समुद्र को पहुँचाती हैं। यदि यह अनुमान सत्य है तो लगभग 5 बिलियन टन खनिज-पदार्थ हर वर्ष घोल के रूप में स्थल से समुद्र को पहुँचते हैं।²

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 161

² *Ibid* ; p. 161

(2) **जलीय दाब की क्रिया (Hydraulic Action)**—बहते हुए जल में अन्य बातों के साथ-साथ दबाव भी होता है। जल की इस दाब-क्रिया से उसके नीचे के ढीले कण बहकर चले जाते हैं। जब कभी नदी अच्छे जोड़ वाली चट्टानों से होकर बहती है तो जल की रगड़ और दाब के कारण जोड़ों से चट्टान के बड़े-बड़े टुकड़े उखड़कर धारा के साथ बह जाते हैं। जल की दाब-क्रिया से किनारे के पदार्थ भी ढीले पड़ जाते हैं और अन्त में नदी के साथ बहकर अलग हो जाते हैं।

(3) **अपघर्षण (Corrosion or Abrasion)**—बहते हुए जल में कठोर चट्टानी रोड़े भूमि को काटने में यन्त्र (tools) का काम करते हैं। तेज धार वाले रोड़े कोमल शैलों को घिसकर चिकना कर देते हैं। इस प्रकार अपघर्षण एक ऐसी भौतिक विधि है जिसमें चट्टानी टुकड़े एक-दूसरे से टकराकर घिसते रहते हैं।

नदी के स्वच्छ जल में अपघर्षण की बड़ी अल्प-शक्ति होती है। किन्तु जो नदियाँ अपने साथ बालू, बजरी एवं गोलाश्म आदि बहाकर ले जाती हैं वे अपघर्षण का महत्वपूर्ण कार्य सम्पन्न करती हैं। अनेक जगह नदियों के दोनों किनारों पर गोल एवं चिकने गोलाश्म की उपस्थिति अपघर्षण का सुन्दर उदाहरण है। नदी-घाटी के चौड़े और गहरे होने के पीछे भी अपघर्षण ही एकमात्र कारण है।

(4) **संनिघर्षण (Attrition)**—यह एक यान्त्रिक अपरदन का रूप है। इसमें नदी के द्वारा प्रवाहित चट्टानी रोड़े एवं गोलाश्म घाटी की कठोर शैलों के पारस्परिक घर्षण द्वारा घिसते रहते हैं। अपक्षय द्वारा अलग हुए चट्टानों के टुकड़े नदी की धारा में पड़कर आपस में टकराते हैं और चूर-चूर हो जाते हैं। छोटे टुकड़े बड़े टुकड़ों के नीचे पिस जाते हैं और कुछ पारस्परिक रगड़ से घिसकर नुकीले, गोल तथा चिकने हो जाते हैं। धीरे-धीरे चट्टानों की चूर-चार बजरी और अन्त में बालू का रूप ले लेती है।

अपरदन के आधार

किसी प्रकार का अपरदन बिना शक्ति के नहीं होता। बहते हुए जल में यह शक्ति उसके आयतन और उसके प्रवाह वेग द्वारा उत्पन्न होती है। इस शक्ति के अतिरिक्त नदी तल की शैलों और प्रवाहित जल के जलोढक का भी अपरदन पर प्रभाव पड़ता है। सभी नदियों में ये परिस्थितियाँ एकसी नहीं होतीं। अतः नदियों के अपरदन में भिन्नता होती है। किसी भी नदी द्वारा किया गया अपरदन निम्न बातों पर निर्भर करता है :

- (1) नदी के जल का वेग,
- (2) नदी के जल का आयतन,
- (3) नदी के तल की रचना,
- (4) नदी के जल में जलोढक की मात्रा।

(1) **नदी के जल का वेग**—नदी के जल का वेग उसके ढाल और जल की मात्रा पर निर्भर करता है। जब नदी-घाटी का ढाल तीव्र होता है और नदी में जल की मात्रा भी अधिक होती है तो नदी का वेग तीव्र होता है, किन्तु ढाल अथवा जल की मात्रा में कमी हो जाने पर वेग मन्द पड़ जाता है। उत्तरी भाग की नदियों की अपेक्षा दक्षिणी भारत की नदियों का वेग तीव्र है, क्योंकि वे अपेक्षितया तीव्र ढाल पर बहती हैं। वर्षाऋतु में सभी नदियों का प्रवाह तीव्र होता है क्योंकि उस समय नदियों में जल का आयतन बहुत अधिक बढ़ा हुआ रहता है। नदी जल का वेग नदी-घाटी की चौड़ाई पर भी निर्भर करता है। संकीर्ण घाटी में प्रवाह तीव्र रहता है एवं चौड़ी घाटी में प्रवाह मन्द होता है। जेम्स बी० ईड्स (James B. Eades) ने सन् 1875 में मिसिसिपी नदी की धारा को उसके डेल्टे के समीप संकीर्ण कर दिया। इससे धारा का वेग प्रबल हो गया

और डेल्टे के समीप निक्षेपण की समस्या मिट गयी। तीव्र वेग के कारण नदी का जल भी स्वच्छ रहने लगा। इसके परिणामस्वरूप समुद्री जहाज जो पहले न्यू ऑर्लिअन्स बन्दरगाह तक नहीं पहुँच पाते थे, आने लगे और उसका व्यापार समृद्ध हो गया। उपरोक्त विवेचन से स्पष्ट है कि तीव्र वेग वाली नदियाँ अधिक अपरदन करती हैं और मन्द वेग वाली कम।

(2) नदी के जल का आयतन—किसी स्थान पर अपरदन की मात्रा नदी के जल के आयतन पर भी निर्भर करती है, क्योंकि नदी के जल के वेग का उसके आयतन से घनिष्ठ सम्बन्ध है। यही कारण है कि बाढ़ के समय जब नदियों में जल का विसर्जन (discharge) अधिक होता है तो उनका प्रवाह वेग भी बढ़ जाता है। फलस्वरूप वे उस काल में अधिक अपरदन करती हैं। शुष्क ऋतु में जब नदियाँ सूखी पड़ी रहती हैं तो उनके द्वारा कोई अपरदन नहीं होता।

नदियों में जल की मात्रा उसके उद्गम तथा उसके संग्रहण क्षेत्र की वर्षा पर निर्भर करती है। अधिक वर्षा वाले क्षेत्रों तथा हिम-क्षेत्रों से निकलने वाली नदियों में जल की मात्रा सदैव अधिक रहती है। अतः नदियों का अपरदन कार्य आर्द्र प्रदेशों में ही अधिक होता है।

(3) नदी-तल की बनावट—नदी अपरदन पर उसके तल की बनावट का बड़ा प्रभाव होता है। यदि नदी-तल की चट्टानें कोमल होती हैं तो कटाव अधिक होता है। कोमल चट्टानें एक फुट प्रतिवर्ष की गति से कट जाती हैं, जबकि ठोस क्वार्ट्ज चट्टानों के अपरदन की गति इतनी मन्द होती है कि उसे नापा भी नहीं जा सकता। नदी-तल की चट्टानों में उपस्थित सन्धियाँ और दरारें भी अपरदन की तीव्रता में सहायक होती हैं।

(4) नदी-जल में जलोढ़क की मात्रा—नदी अपने जल में स्थल से प्राप्त कई प्रकार के पदार्थों को बहाती है। कुछ पदार्थ जल में घुले हुए, कुछ निलम्बित अवस्था में और कुछ (कंकड़-पत्थर आदि) उसके तल के साथ लुढ़कते हुए बहते हैं। नदी-जल में बहने वाले ये सभी पदार्थ जलोढ़क (load) कहलाते हैं।¹ नदी में जलोढ़क कई प्रकार से प्राप्त होते हैं। जलोढ़क की अधिकांश मात्रा नदी-घाटी के किनारों के ऋतु-अपक्षय के फलस्वरूप ही धारा को प्राप्त होती है। इसके अतिरिक्त नदी की धारा स्वयं अपने किनारों और तल की कोमल चट्टानों को काटती और घिसती रहती है। कुछ उम्दा पदार्थ वृष्टि धोवन (rain wash) के रूप में और कुछ पदार्थ गुरुत्वाकर्षण के कारण घाटी के ढालों से खिसककर नदी में मिल जाता है। नदी में इस जलोढ़क को बहाने की शक्ति नदी-जल के आयतन और वेग पर निर्भर करती है। यदि किसी नदी का वेग दुगुना कर दिया जाय तो उसमें जलोढ़क को बहाने की शक्ति 64 गुनी बढ़ जाती है। नदी का अपरदन कार्य उसके जलोढ़क से बहुत अधिक प्रभावित होता है। नदी-तल के साथ बहते हुए कंकड़, पत्थर, रोड़े एवं गोलाश्म नदी के यन्त्र के समान कार्य करते हैं। ये तल की चट्टानों को छेनी और रेती की भाँति काटते और घिसते चलते हैं। घाटी के किनारे भी इसी प्रकार कटते रहते हैं। अतः नदी-जल में जलोढ़क की मात्रा जितनी अधिक होती है, नदी द्वारा अपरदन कार्य भी उतना ही अधिक होता है। यही कारण है कि पकिल जल वाली नदियाँ स्वच्छ जल वाली नदियों की अपेक्षा अधिक अपरदन करती हैं।

किसी नदी द्वारा अपरदन सदैव उसके जलोढ़क के अनुपात में होता है। जब नदी में जलोढ़क की मात्रा उतनी ही होती है जितनी वह सामान्य रूप से ले जा सकती है तो ऐसी दशा में नदी द्वारा न तो अपरदन ही होता है और न निक्षेपण ही। किन्तु नदी में ऐसी अवस्था

1 "The sediment carried in suspension, together with the bed load, that is, gravel, pebbles and boulders rolled along the bottom of the channel, and the material carried in solution, constitute the stream's load." —P. G. Worcester

कदाचित् ही मिलती है। साधारणतः नदी में जलोढक की मात्रा या तो पूर्ण मात्रा से कम या उससे अधिक रहती है। जब नदी में जलोढक की मात्रा सामान्य मात्रा से अधिक होती है तो वह निक्षेप करने लगती है, किन्तु जब जलोढक की मात्रा सामान्य मात्रा से कम होती है तो वह अपरदन कार्य करती है। इस प्रकार नदी अपनी घाटी में या तो अपरदन करती है या निक्षेप। यही नदी के अपरदन का मूल सिद्धान्त (basic principle of erosion) है।

अपरदन द्वारा उत्पन्न भू-आकार

उपरोक्त विवरण से स्पष्ट है कि जब कोई नदी किसी स्थल भाग से होकर बहती है तो स्थल को काटती हुई चलती है। नदी की इस अपरदन क्रिया से घाटी की रचना होती है। किन्तु घाटी का रूप एक जैसा नहीं रहता। वह अपरदन की तीव्रता के साथ बदलता रहता है। अपरदन की क्रिया से घाटी में अनेक नवीन भू-आकार उत्पन्न हो जाते हैं। नदी के अपरदन द्वारा उत्पन्न प्रमुख भू-आकारों का विवरण नीचे दिया जा रहा है :

(1) खाँचे (Groovings)—नदी जब तेजी के साथ बहती है तो उसके साथ कंकड़ और रोड़े भी लुढ़कते हैं। ये कंकड़ और रोड़े जब लुढ़कते हैं तो तली में घर्षण होता है जिससे तली चिकनी हो जाती है। ऐसा प्रायः कठोर चट्टानी तल वाली घाटियों में होता है। वहाँ इनकी तुलना हिम अपरदित घाटियों से की जा सकती है। ये रोड़े और कंकड़ तली को चिकना बनाने के साथ-साथ उसमें अनेक खाँचे (grooving) भी बना देते हैं।

(2) जलजगर्तिका (Pot holes)—इनकी रचना नदी-घाटी में ऐसे स्थानों पर होती है जहाँ नदी-तल में ठोस चट्टानें बिछी होती हैं। ठोस चट्टानी तल पर लुढ़कते हुए कंकड़ और रोड़े तलहटी में गड़बड़े बना लेते हैं। ऐसे ही गड़बड़ों में पड़ी बालू और कंकड़ जब भँवर (whirl) के साथ हो जाते हैं तो इनकी घर्षण क्रिया बहुत तीव्र हो जाती है। भँवर के साथ बालू और कंकड़ों के ऊपर-नीचे तथा गोल-गोल घूमने से गहरे गर्त बन जाते हैं। नदी-तल में बने ऐसे गर्तों को ही जलजगर्तिका कहा जाता है।

सामान्यतः जलजगर्तिकाओं की रचना क्षिप्रिकाओं (rapids) के ऊपर अथवा जल-प्रपात के नीचे होती है। इनका विकास धारा की तीव्रता और जलोढक की मात्रा पर निर्भर करता है। ये गर्त अनेक आकार-प्रकार और विस्मय में डालने वाले होते हैं। इसी विचित्रता के कारण कई स्थानों पर इनको जेकोब्स वेल (Jacob's well), विचेज केलड्रन (Witches Caldron) और बाथ टब (Bath tub) आदि नामों से पुकारा जाता है।

ये गर्त ऊपर से सँकरे और तल में चौड़े होते हैं। कभी-कभी भीतर की ओर ये गर्त परस्पर मिले हुए होते हैं। ऊपर से ये प्राकृतिक पुलों द्वारा पृथक् ज्ञात पड़ते हैं। पुलों के नष्ट हो जाने पर ये कुण्ड (caldera) के सदृश प्रतीत होते हैं। भारत में सोन, दामोदर एवं चम्बल आदि नदियों की घाटियों में कई स्थानों पर ऐसी जलजगर्तिकाएँ देखी जा सकती हैं। चम्बल नदी ने चूलिया प्रपात के नीचे के विशाल जलजगर्तों की रचना की है। यहाँ कई गर्त 40-50 फुट गहरे एवं 10-15 फुट चौड़े पाये जाते हैं।

(3) आनति कुण्ड (Plung Pools)—नदी अपनी घाटी की रचना करते समय कोमल चट्टानों को शीघ्र काट देती है। अतः घाटी में जहाँ कहीं कठोर एवं कोमल चट्टानें मिलती हैं या कठोर चट्टानों के नीचे कोमल चट्टानें बिछी होती हैं तो कोमल चट्टानों के शीघ्रता से कट जाने से ऊपरी कठोर चट्टानें आधारहीन हो जाती हैं। ऐसी दशा में नदी का जल प्रपात रूप में नीचे गिरता है। नदी के जल प्रवाह के साथ रोड़े एवं शिलाखण्ड भी धमाके के साथ नीचे गिरने लगते हैं। ये शिलाखण्ड नीचे बिछी चट्टानों को तोड़ते रहते हैं। नदी के तीव्र जल-प्रवाह और भँवर में पड़कर

नीचे की कोमल चट्टानों का घर्षण कर वहाँ गर्त का निर्माण कर देते हैं। धीरे-धीरे ये गर्त काफी बड़े होकर कुण्ड बन जाते हैं। अतः ऐसे कुण्डों को ही आनति गर्त (plung pools) कहा जाता है।

सामान्यतः जहाँ कहीं नदी प्रपात बनाती है वहाँ प्रपात के नीचे ऐसे गर्त बन जाते हैं। किन्तु इनकी रचना ऐसे क्षेत्रों में अधिक होती है जहाँ ऊपर बालू-पत्थर या चूना-पत्थर की तहें हों और उनके नीचे शैल चट्टान की परतें बिछी हों।

(4) गार्ज (Gorge)—सामान्यतः नदी की गहरी एवं संकरी घाटियों को गार्ज अथवा कन्दरा कहा जाता है। ऐसी नदी-घाटियों के पार्श्व अत्यन्त ढालू होते हैं। इन ढालों के ऊपरी भाग



चित्र 311—नर्मदा नदी का गार्ज

ऋतु-अपक्षय के द्वारा कटते रहते हैं किन्तु निचले भाग ऋतु-अपक्षय के प्रभाव से मुक्त रहते हैं। इसलिए ये घाटियाँ ऊपर से अपेक्षितया चौड़ी होती हैं। कभी-कभी गार्ज की दीवारें एकदम खड़ी होती हैं। जब कभी नदी घाटी को चौड़ा करने की अपेक्षा गहरा करने का कार्य अधिक तीव्रता से करती है तभी ऐसी संकीर्ण घाटियाँ बनती हैं। गार्ज की रचना कठोर चट्टानी भागों में होती है। भारत में नर्मदा, चम्बल, कृष्णा, सतलज, सिन्धु आदि नदियाँ कई स्थानों पर गार्ज बनाती हैं। भारत का सबसे ऊँचा भाखड़ा बांध सतलज नदी के भाखड़ा गार्ज पर ही बनाया गया है।

(5) कैनियन (Canyon)—वस्तुतः कैनियन गार्ज का ही बड़ा रूप है। रचना की दृष्टि से एक गार्ज और कैनियन में कोई स्पष्ट अन्तर नहीं होता। इसीलिए वारसेस्टर ने कैनियन और गार्ज की परिभाषा करते हुए कहा है कि “These are valleys whose walls are very steep and high in proportion to their width.”¹ किन्तु सामान्यतः कैनियन एक गार्ज से बड़ी होती है। ऊँचे पहाड़ी और पठारी भागों में जब नदी-घाटी के चौड़े होने की अपेक्षा गहरे होने की क्रिया तेज होती है तो ऐसी संकीर्ण घाटियाँ बनती हैं। साधारणतः एक कैनियन की रचना निम्न अवस्थाओं में सुगमता से होती है :

(1) ऊँचा पहाड़ी अथवा पठारी भाग—ताकि नदी चरमस्तर को पहुँचने के पूर्व घाटी को काफी गहरा काट सके।

१ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 174

(2) तीव्र ढाल—अपरदन की तीव्रता तीव्र ढाल पर ही निर्भर करती है।

(3) वेगपूर्ण प्रबल धारा—ऐसी धाराएँ प्रायः सीधी बहती हैं और घाटी को गहरा काटने में समर्थ होती हैं।

(4) शुष्क जलवायु—जलवायु शुष्क होने पर ढाल को धोने (slope-wash) की क्रिया मन्द होती है जिससे घाटी चौड़ी नहीं हो पाती।

(5) चट्टानों की संरचना—ठोस चट्टानी भागों में संकीर्ण घाटियों की रचना सरलता से होती है। ये कोमल चट्टानों की अपेक्षा अधिक सीधे ढालों के साथ खड़ी रहती हैं। चट्टानों में भ्रंशन और सन्धियाँ नदी के गहरे अपरदन में योग देती हैं।

(6) नदी का उद्गम हिमाच्छादित क्षेत्रों अथवा अति आर्द्र क्षेत्रों में हो, ताकि नदी में जल का आयतन काफी रहे।

(7) नदी में जलोढक की मात्रा काफी आती हो।

संसार में अनेक नदियों ने अपनी घाटियों में कैनियन की रचना की है। संयुक्त राज्य अमरीका में कोनोरेडो नदी की कैनियन बड़ी ही अद्भुत है। यह 480 किलोमीटर से भी अधिक लम्बी, 1828 मीटर गहरी और 12 से 16 किलोमीटर चौड़ी है। इस घाटी की ऊपरी दीवारें क्षैतिज रूप से बिछी बालुका पत्थर, शेल व चूना-पत्थर से बनी हैं और नीचे की दीवारें मुख्यतः कैम्ब्रियन पूर्व की स्लेट, शिस्ट, क्वार्ट्ज और ग्रेनाइट चट्टानों से निर्मित हैं। इस कैनियन की दीवारों में अनेक सीढ़ियाँ, पीठिकाएँ, सपिल शिखर और शैल-स्तम्भ बने हुए पाये जाते हैं। हमारे देश में सिन्धु, सतलज, नर्मदा, कृष्णा, कोसी, गण्डक, अलकनन्दा एवं ब्रह्मपुत्र नदियों ने भी कई स्थानों पर गहरी संकीर्ण घाटियों की सुन्दर रचना की है। सिन्धु नदी ने गिलगित में 20,000 फुट गहरे कैनियन की रचना की है। इसी तरह कृष्णा ने महाबलेश्वर के उत्तर-पूर्व में पश्चिमी घाट के सिरे पर 2,000 फुट गहरी सँकरी घाटी बनायी है। सतलज, गण्डक, कोसी आदि नदियों ने हिमालय क्षेत्र में 6,000 से 12,000 फुट गहरी घाटियों की रचना की है।¹

जल-प्रपात (Water-Fall)

जल-प्रपात नदी-घाटी की रचना में प्रकृति की एक अनुपम छटा है। इसके रूप-लावण्य की शोभा मानव मन को मन्त्र-मुग्ध कर देती है। इसलिए मनुष्य जब कभी अपने दैनिक-जीवन से ऊब उठता है तो वह प्रकृति के ऐसे ही क्रीडा-स्थल पर पहुँचकर अपना सन्ताप दूर करता है। फिर आज तो शक्ति के रूप (hydel power) में जल-प्रपात मनुष्य के लिए वरदान ही बन गये हैं।

ऊँचे शैल-शिखरों से जब नदी बहती हुई आती है तो धरातल की प्रारम्भिक असमानता के कारण उसके मार्ग में जल-प्रपात बन जाते हैं। कभी-कभी नदी के प्रवाह मार्ग में जब कठोर चट्टानों की परत बिछी हुई होती है तो जल-प्रवाह उसे काट नहीं पाता और उसके ऊपर यह यकायक नीचे गिरने लगता है। अतः प्रवाह की उस असमानता को जिसमें जल ऊपर से गिरता है जल-प्रपात कहते हैं।

जल-प्रपात की रचना भूमि की असमतलता, भूमि का असमान अपरदन, भूकम्प, ज्वालामुखी तथा अन्य भू-गतियों आदि अनेक कारणों से होती है। अतः जल-प्रपात अपनी रचना के अनुसार दो प्रकार के होते हैं :

(i) साधारण जल-प्रपात, और

¹ D. N. Wadia : *Geology of India*

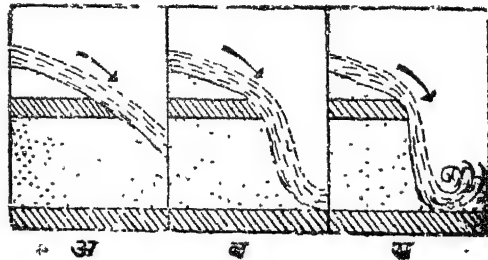
(ii) जल-धारा के प्रवाह में किसी बाह्य शक्ति (outside force) द्वारा खड़े किये गये अवरोधस्वरूप बने जल-प्रपात ।



चित्र 312—मैसूर का प्रसिद्ध जल-प्रपात

(1) साधारण जल-प्रपात—जो प्रपात मूलतः अपरदन की भिन्नता के परिणामस्वरूप बनते हैं, वे साधारण जल-प्रपात (Normal water fall) कहलाते हैं। ऐसे जल-प्रपात चट्टानों की स्थिति के अनुसार निम्न प्रकार से बनते हैं।

(क) जब कोई नदी कठोर चट्टानी प्रदेश से बहती हुई कमजोर और मुलायम चट्टानों वाले भाग में पहुँच जाती है तो नदी मुलायम चट्टानों को सरलता-



चित्र 313—जल-प्रपात

पूर्वक और तेजी से काट देती है। ऐसी दशा में घाटी के तल की तहों में 'कठोर और मुलायम चट्टानों के सन्धि-स्थल (junction) पर असमानता पैदा हो जाती है और उस स्थान पर जल-प्रपात बन जाता है। संयुक्त राज्य अमरीका में अप्लेशियन पर्वत से निकल कर अन्ध महासागर में गिरने वाली समस्त नदियों ने प्रपातों की रचना की है। ये सब प्रपात उन स्थानों पर पाये जाते हैं जहाँ नदियाँ प्राचीन कायान्तरित चट्टानों से निर्मित पीडमाण्ड पठार को छोड़कर नवीन उत्क्षेपित तटीय मैदान में बहने लगती हैं। संयुक्त राज्य के पूर्वी भाग में हडसन नदी से अप्लेशियन के दक्षिणी छोर तक इस प्रकार प्रपातों की एक रेखा-सी बन गयी है जो 'प्रपात रेखा' (Fall Line) के नाम से विख्यात है।

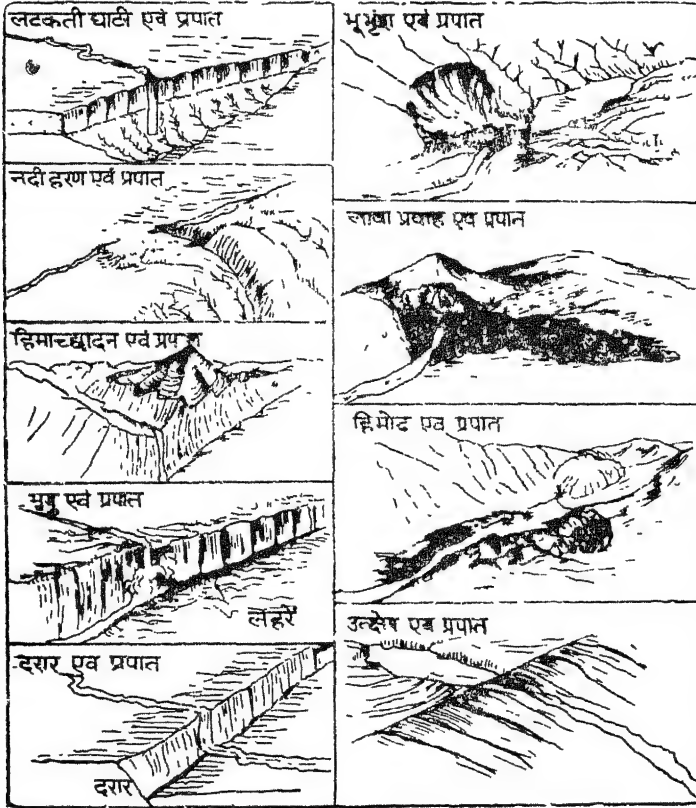
(ख) कभी-कभी नदी की घाटी में चट्टानों की व्यवस्था ऐसी होती है कि कोमल चट्टानों के बीच कठोर चट्टान की परत लम्ब रूप में (vertically) स्थित होती है। ऐसी अवस्था में जल-प्रवाह कठोर चट्टान के नीचे नरम चट्टान को बड़ी आसानी से काट देता है। फलस्वरूप उसके मार्ग में कठोर चट्टान का पिण्ड या तो ऊपर से लटका हुआ रह जाता है या वह लम्ब रूप में खड़ा रह जाता है जिससे नदी का जल बड़े जोरो से इस पिण्ड के ऊपर से गिरता है और जल-प्रपात बन जाता है। ऐसे जल-प्रपात प्रायः अपने स्थान पर ही स्थित रहते हैं। पर धीरे-धीरे कठोर पिण्ड घिसता रहता है, जिससे उसकी ऊँचाई घटती रहती है और अन्त में प्रपात लुप्त हो जाता है। अमरीका में यलोस्टोन नदी ने अपने मार्ग में ऐसे ही प्रपात की रचना की है।

जब कभी कठोर चट्टान की परत किसी कोमल चट्टान के ऊपर समांतर रूप से बिछी होती है तो उस अवस्था में भी प्रपात की रचना हो जाती है, क्योंकि कोमल चट्टानी तहें शीघ्र कट जाती हैं जिससे कठोर चट्टान के सिरे पर जल-प्रपात बन जाता है। जब पानी ऊपर से गिरता है तो कोमल चट्टान में गड्ढे बन जाते हैं। ये गड्ढे बराबर बढ़ते रहते हैं और आनति गर्त (plung pool) का रूप ले लेते हैं। इन गर्तों में गिरता हुआ जल उछलकर समीप की कोमल चट्टानों को काटता रहता है। इस विधि से थोड़े ही समय में नीचे की नरम चट्टान कटकर नष्ट हो जाती है जिससे ऊपर की कठोर चट्टान अधर में लटकी रह जाती है। लटकती हुई यह चट्टान प्रवाह शक्ति अथवा अपने ही भार से टूट-टूटकर गिरने लग जाती है। इसके गिरने से जल-प्रपात पीछे को हटता जाता है। जल-प्रपात के इस प्रकार हटने पर भी प्रपात का शीर्ष कठोर चट्टानी परत के सिरे पर ही रहता है। नदियों की ऊपरी घाटी में पर्वतीय जल-प्रपात प्रायः हटते-हटते नदी के उद्गम तक पहुँच जाते हैं और उद्गम को भी हटाकर जल-विभाजक तक को नष्ट कर देते हैं। इसके विपरीत कभी-कभी जल-प्रपात स्वयं पीछे की ओर कटते जाते हैं और थोड़े ही दिनों में एक प्रपाती खड्ड (canyon) की रचना हो जाती है। जल-प्रपात के पीछे हटने का सर्वोत्तम उदाहरण नियाग्रा जल-प्रपात में मिलता है।

नियाग्रा प्रपात संयुक्त राज्य अमरीका में ईरी झील से निकलने वाली छोटी सी नियाग्रा नदी पर स्थित है। यह प्रपात बीच में गोट द्वीप के आ जाने से दो भागों में बँट गया है। इसका एक भाग कनाडा व दूसरा संयुक्त राज्य अमरीका में है। कनाडा में इसे "होर्स शू फाल" (Horse Shoe Fall) कहा जाता है। कनाडा में इसकी चौड़ाई 2,800 फुट और अमरीका में 1,060 फुट है। इसकी अधिकतम ऊँचाई कनाडा में 170 फुट और अमरीका में 160 फुट ही है। इस प्रपात से प्रति सैकण्ड करीब 2,12,000 घन फुट जल गिरता है।¹ रचना की दृष्टि से इस प्रपात के ऊपर कठोर डोलोमाइट चट्टानें हैं और नीचे शेल तथा बालुका प्रस्तर चट्टानें हैं। यह प्रपात अपने

¹ Dr. R. N. Dubey : *Physical Basis of Geography*, p. 297

निर्माण-काल से अब तक लगभग सात मील पीछे हट चुका है। यह औसतन तीन फुट प्रतिवर्ष की गति से पीछे खिसक रहा है।



चित्र 314—विभिन्न प्रकार के प्रपात

(2) जल-प्रवाह में उत्पन्न अवरोधस्वरूप बने प्रपात—जल धारा के प्रवाह में जब कभी किसी कारणवश बाधा उपस्थित हो जाती है तो ऐसे जल-प्रपात बन जाते हैं। जल-प्रवाह में बाधा निम्न कारणों से उत्पन्न हो सकती है :

(क) जल-धारा के मार्ग का नीचा हो जाना

(i) जब कोई नदी आधार-तल (base level) को पहुँच गयी होती है और यकायक वह पुनर्युवन (rejuvenation) को प्राप्त हो जाती है तो वह अपनी घाटी को पुनः शीघ्रतापूर्वक गहरा काट देती है। इससे उसकी कई शाखाएँ ऊपर लटकती हुई रह जाती हैं, जिससे जल-प्रवाह बन जाते हैं।

(ii) हिम प्रभावित क्षेत्रों में प्रमुख घाटी उसकी सहायक घाटियों की अपेक्षा घिसकर अधिक गहरी हो जाती है। फलस्वरूप सहायक घाटियाँ मुख्य घाटी के तल के ऊपर लटकी रहती हैं। अतः इन क्षेत्रों में हिम का प्रभाव नष्ट हो जाने के उपरान्त मुख्य तथा सहायक हिमनद घाटियों के संगम-स्थल (junction) पर जल-प्रपातों का निर्माण हो जाता है। संयुक्त राज्य अमरीका में 'यैसोमाइट' प्रपात इसका सुन्दर उदाहरण है।

(3) समुद्री लहरें अपने तट को बराबर काटती रहती हैं। कभी-कभी ये लहरें तट पर ऊँची भूगुओं (cliffs) का निर्माण कर देती हैं। भूगुओं की रचना से नदियों का मुहाना ऊपर

लटका रह जाता है और वह प्रपात का रूप ले लेता है। हवाई द्वीप में नदियाँ समुद्र में मिलने पर ऐसा प्रपात बनाती हैं।

(ii) जब किसी जल-धारा के प्रवाह मार्ग में भ्रंशन अथवा संकुचन (warping) पैदा हो जाता है तो नदी का एक भाग ऊँचा और दूसरा भाग नीचा रह जाता है। ऐसी दशा में भी जल-प्रपात बन जाते हैं।

(ख) क्षणिक बाधाएँ

(1) जब आकस्मिक भू-स्खलन (landslide) द्वारा नदी अवरुद्ध हो जाती है तो प्रपात का निर्माण होता है।

(2) जब किसी नदी का मार्ग लावा प्रवाह के कारण अवरोधित हो जाता है तो प्रपात बन जाता है।

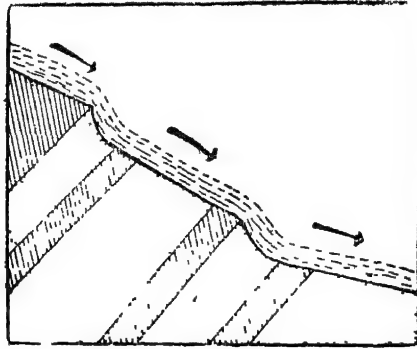
(3) नदी के मार्ग में हिमोढ का निक्षेप हो जाने से भी प्रपात की रचना सम्भव होती है।

(4) भूकम्प के कारण कभी-कभी नदी का तल ऊँचा हो जाता है जिससे प्रपात की रचना हो जाती है।

निम्न सारणी में संसार प्रसिद्ध जल-प्रपात और उनकी ऊँचाई दी गयी है :¹

नाम	ऊँचाई (फुट में)	देश
यैसोमाइट (Yesomite)	2,555	संयुक्त राज्य अमरीका (केलीफोर्निया)
सदरलैण्ड (Sutherland)	1,904	न्यूजीलैण्ड
रोरिमा (Roraima)	1,500	ब्रिटिश गायना
कालाम्बो (Kalambo)	1,400	दक्षिणी अफ्रीका
ताकाकू (Takkakau)	1,346	ब्रिटिश कोलम्बिया
विक्टोरिया (Victoria)	400	दक्षिणी अफ्रीका
इगुयाज़ू (Iguazu)	230	ब्राजील
नियाग्रा	167	कनाडा

क्षिप्रिका (Rapids)—कभी-कभी नदियों की तलहटी असमतल होती है। इससे धाराओं में



चित्र 315—क्षिप्रिका

का आड़े-तिरछे रूप में स्थित होना है। इन चट्टानों के उभरे भाग का क्षय बहुत कम होता है

भँवर (whirls) उत्पन्न हो जाती हैं। घाटी के किसी-किसी भाग में जल धारा बहुत ही वेगपूर्ण बहती है। नदी के इस प्रकार वेगपूर्ण बहाव को क्षिप्रिका (rapids) कहते हैं। प्रायः नदी की तलहटी एकसी नहीं होती। कहीं पर चट्टानें कठोर और कहीं वे नरम होती हैं। नरम चट्टानें तो शीघ्र ही कट जाती हैं परन्तु कठोर चट्टानों के कटने में समय लगता है।

अतः नदी के मार्ग में क्षिप्रिका बन जाते हैं। नदी की तलहटी के ढाल के यकायक तीव्र हो जाने पर भी क्षिप्रिका बन जाते हैं। क्षिप्रिका बनने का

मुख्य कारण नदी की तलहटी में कठोर चट्टानों

¹ T. W. Noyes : *The World's Great Waterfalls*, Natural Geography Magazine, vol. 50, p. 29-59

जिससे नदी का ढाल प्रत्येक कठोर चट्टान खण्ड पर कम हो जाता है, परन्तु उसके नीचे बढ़ जाता है। इस प्रकार इन कठोर चट्टान खण्डों पर नदी का जल उछलता हुआ चलता है जिससे क्षिप्रिका बन जाते हैं। प्रायः किसी जल-प्रपात की रचना चट्टानों की कठोरता के फलस्वरूप होती है तो पहले उसका प्रारम्भ क्षिप्रिका के रूप में होता है। कठोर चट्टानों के निरन्तर घिसाव से प्रपात की ऊँचाई धीरे-धीरे कम होती जाती है और प्रपात का अन्त क्षिप्रिका में हो जाता है परन्तु ऐसा तभी होता है जबकि तलहटी में कठोर चट्टाने बहाव की ओर झुकी हुई हो। जब प्रवाह का ढाल अधिक खड़ा होता है तो उसे **महाप्रपाती (Cataract)** कहते हैं। महाप्रपाती में सीढ़ीदार उछाल होते हैं और जल की मात्रा अधिक होती है।

संरचनात्मक सोपान (Structural Benches)—कभी-कभी नदी के मार्ग में कठोर तथा कोमल चट्टानों की परतें एकांतर क्रम से क्षैतिज अवस्था में बिछी हुई पायी जाती हैं। ऐसी अवस्था में कठोर तथा मुलायम चट्टानों का अपरदन भिन्न गति से होता है। कठोर चट्टानों की अपेक्षा मुलायम चट्टानें अपरदन द्वारा शीघ्र घिस जाती हैं जबकि कठोर चट्टानें कम घिसने से आगे निकली हुई रहती हैं। इससे नदी घाटी में दोनों ओर सोपानाकार सीढ़ियाँ बन जाती हैं। ये सोपान नदी-वेदिकाओं (river terraces) से भिन्न होते हैं। इन सोपानों की रचना चट्टानों की संरचना के कारण होती है, इसलिए इन्हें **संरचनात्मक सोपान** कहा जाता है।

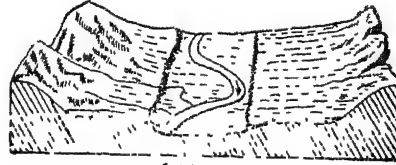


चित्र 316—संरचनात्मक सोपान

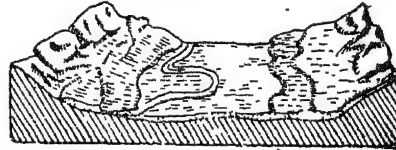
नदी-वेदिकाएँ (River Terraces)—जब कभी प्रौढावस्था की नदी पुनर्युवन (rejuvenation) को प्राप्त हो जाती है तो वह अपनी घाटी को पुनः गहरा काटने का कार्य करने लगती है। ऐसी दशा में पूर्व-निर्मित बाढ़ के मैदान नदी के तल से बहुत ऊँचे हो जाते हैं जिससे नदी-घाटी के दोनों ओर ये चौड़ी एवं ऊँची वेदिकाओं के समान प्रतीत होने लगते हैं। घाटी के गहरा हो जाने से इन ऊँची वेदिकाओं का छोर बहुत ढलुवाँ हो जाता है। अतः जल-धारा के दोनों ओर तीव्र छोर वाली ऊँची और चौड़ी स्थल पट्टियों को ही नदी-वेदिकाएँ अथवा कछारी सीढ़ियाँ (Alluvial terraces) कहा जाता है। सामान्यतः ये सीढ़ियाँ ठोस चट्टानों में कटी हुई होती हैं, यद्यपि इनके चपटे तल पर गोलाक्षम एवं बजरी काफी गहराई तक बिछी हो सकती है। कुछ सीढ़ियाँ केवल कछार द्वारा बनी रहती हैं।

चित्र 317—नदी-वेदिकाओं का निर्माण

जब नदी का बार-बार पुनर्युवन होता है तो सीढ़ियों (terraces) की रचना अधिक स्पष्ट और प्रखर होती है। ये सीढ़ियाँ कहीं सकीर्ण और कहीं मीलो चौड़ी होती हैं। सीढ़ियों के बीच की ऊँचाई भी कुछ फुट से लेकर सैकड़ों फुट तक होती है। इन नदी-वेदिकाओं पर अनेक जगह बड़े-बड़े नगर बसे हुए देखे जाते हैं।



(अ)



(ब)

निक पंक्ति (Knick Punkte)—जब नदी के मार्ग में लम्बवत उद्गति और गभीरी विसर्प थोड़ी-थोड़ी दूर पर रुक-रुककर होते हैं तो नदी के तल में अक्षवत पार्श्व-चित्र (Axial Profile) के रूप में पीछे हटते सोपानों का निर्माण होता है, जिन्हें निक पंक्ति कहा जाता है। सामान्यतः इनकी उत्पत्ति समान चट्टानों में ही होती है।

विसर्पण (Meanders)—पर्वतीय भाग को छोड़कर जब नदी मैदानी भाग में बहती है तो घाटी की प्रवणता (gradient) कम हो जाने से नदी का प्रवाह धीमा पड़ जाता है। प्रवाह गति मन्द पड़ जाने से नदी-जल में बोझा ढोने की शक्ति भी घट जाती है। फलस्वरूप नदी अपने जलो-ढकों को किनारे पर छोड़ती चलती है। साथ ही मन्द प्रवाह के कारण उसके मार्ग में तनिक भी अवरोध आ जाने पर वह मुड़ जाती है। टर्की की मियाण्डर नदी के मार्ग में ऐसे अनेक मोड़ या विसर्पण हैं। इसीलिए नदी के मार्ग के इन चन्द्राकार प्रवाह मोड़ों को विसर्पण (Meanders) कहा जाता है।

नदी के मार्ग में विसर्पण बनने के तीन प्रमुख कारण हैं :

(1) नदी की धारा केवल थोड़ी दूरी तक ही सीधी रह सकती है। (2) मैदानी भाग में मन्द प्रवाह के कारण नदी किनारों पर इधर-उधर निक्षेप करती रहती है। इन निक्षेपों व अन्य अवरोधों से नदी-प्रवाह मुड़ जाता है। (3) पृथ्वी के अपनी धुरी पर घूमती रहने के कारण प्रत्येक प्रवाहित पदार्थ की गति विचलित हो जाती है और वह उत्तरी गोलार्द्ध में स्वभावतः ही दाहिनी ओर मुड़ जाता है।

विसर्पण केवल प्रौढ नदियों की ही विशेषता है। युवा नदियाँ जो अपनी घाटी को तीव्रता से गहरी काटती रहती हैं, कभी भी विसर्पण की रचना नहीं करती। प्रौढ नदियाँ जब बाढ़ के मैदान पर बहती हैं तो उसके मार्ग में थोड़ी-सी बाधा आने पर अपने बाहरी तटों को काटती हैं और भीतरी तटों पर निक्षेप करती हैं, जिससे विसर्पण की रचना होती है। जब नदी में जलो-ढक की मात्रा इतनी कम होती है कि भीतरी तट पर कोई निक्षेप नहीं कर पाती, तो ऐसी दशा में नदी अपने बाहरी तट को भी तीव्रता से नहीं काट पाती, जिससे विसर्पण बनने की सम्भावना कम हो जाती है।

नदी-घाटी में बनने वाला प्रत्येक विसर्पण अपने विकास के साथ-साथ नदी के मार्ग में नीचे की ओर खिसकता रहता है। नदी की धारा विसर्पण स्कन्ध की ऊपरी धारा के पार्श्व को काटती है जिससे छोटी कगारों (scrap) की रचना होती है। ये कगारें ही अधोरदित ढाल (undercut slope) बनाती हैं। इसके विपरीत अनुप्रवाह (down stream) भाग का स्कन्ध लम्बा और मन्द ढाल वाला होता है जिसे स्कन्ध का ढाल (slip-off slope) कहते हैं। जब किसी नदी में विसर्पण ठोस कठोर चट्टानी क्षेत्र में होता है तो पार्श्विक अपरदन से अतिव्याप्त स्कन्ध (overlapping spurs), अन्तर्ग्रथित स्कन्ध (interlocking spurs) एवं एकान्तर स्कन्ध (alternating spurs) का विकास होता है। परन्तु जब विसर्पण कोमल चट्टानों के क्षेत्र में होता है तो वहाँ स्कन्ध ढाल (slip-off slope), कतरित पुलिन (cut bank) तथा विसर्पण खराद (meandering scroll) का विकास होता है।

सामान्यतः विसर्पण का आकार धारा के आकार के अनुपात में होता है। विसर्पण क्षेत्र की चौड़ाई मोटे रूप से उसको बनाने वाली धारा की औसत चौड़ाई से 18 गुनी होती है। यहाँ यह भी उल्लेखनीय है कि नदी-घाटी में विसर्पणों के विकास से नदी का ढाल घटता जाता है और उसका मार्ग लम्बा होता जाता है।

अधःकृत विसर्प (Incised Meanders)—जब नदी अपनी घाटी को काटते-काटते आधार तल को पहुँच जाती है तो उसकी गति मन्द पड़ जाती है। ऐसी अवस्था में नदी न तो अपरदन ही करती है और न परिवहन ही। इस समय नदी बड़ी ही मन्द चाल से इधर-उधर घूमती हुई बहती है। ऐसी दशा में यदि किसी कारणवश नदी का प्रवाह-क्षेत्र ऊँचा उठ जाय अथवा जलवायु के परिवर्तन के कारण नदी में जल की मात्रा बढ़ जाय तो नदी पुनः तीव्रता से अपनी घाटी का अपरदन करने लग जाती है। फलस्वरूप उसके उथले और संकरे विसर्पण फिर से गहरे

और चौड़े हो जाते हैं। इस प्रकार पुनः गहरे काटे हुए नदी विसर्पों को ही अधःकर्तित विसर्प कहा जाता है। ये विसर्प दो प्रकार के होते हैं : (1) अन्तःकर्तित विसर्प (Ingrown meanders), और (2) गभीरी विसर्प (Entrenched meanders)। (1) जब नदी-तल का अपरदन पार्श्विक अपरदन से बहुत अधिक नहीं होता तब अन्तःकर्तित विसर्प बनते हैं। इनके बाहुकृत (spurs) लम्बे तथा अधिक ढालू होते हैं। (2) जिन भागों में लम्बवत् उद्गति होती है वहाँ नदी-घाटियों में गभीरी विसर्प की रचना होती है।

समप्राय मैदान (Peneplain)—जब कोई ऊँचा उठा हुआ स्थल-खण्ड नदी के अपरदन कार्य द्वारा एक आकृतिविहीन मैदान में बदल जाता है तो उसे समप्राय मैदान कहा जाता है। सामान्यतः समप्राय मैदान नदी के अपरदन चक्र की अन्तिम अवस्था का प्रतीक होता है। इस अवस्था में घाटी का गहरा होना बन्द हो जाता है। केवल क्षैतिज अपरदन तथा अपक्षय द्वारा स्थल-खण्ड नीचा होता जाता है। कालान्तर में नदी अपने आधार-तल को पहुँच जाती है। इस समय समुद्रा स्थल-खण्ड लगभग समतल हो जाता है। कठोर चट्टानों के अपवादस्वरूप यत्र-तत्र टीलों को मोनेड-नाँक (Monadnocks) कहा जाता है।

नदियों द्वारा परिवहन (Transportation by Rivers)

बहते हुए जल के द्वारा चट्टानों के अपघर्षण और सक्षारण से जो जलोढ़क (load) तैयार होता है, जल-धारा उसे कभी स्थिर नहीं रहने देती। धारा की तरंगों की चपेट से वह निरन्तर जलमग्न होता रहता है और धारा के प्रवाह में पड़कर धारा के साथ आगे बढ़ता रहता है। इस प्रकार बहता हुआ जल स्थल के ठोस पदार्थों को समुद्र तक पहुँचाने का सबसे महत्वपूर्ण साधन है। संसार की समस्त नदियाँ प्रतिवर्ष कल्पनानीत मात्रा में स्थल पदार्थों को समुद्र में पहुँचाती हैं। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि केवल संयुक्त राज्य अमरीका की नदियाँ ही प्रतिवर्ष लगभग 8,00,00,00,000 टन पदार्थ बहाकर समुद्र में ले जाती हैं।¹

नदियों द्वारा प्रवाहित जलोढ़क (load) विविध आकार-प्रकार का होता है। नदियाँ अपने भार अर्थात् जलोढ़क को कई प्रकार से स्थानान्तरित करती हैं। स्थानान्तरण की मुख्य निम्न विधियाँ हैं :

कर्षण द्वारा अथवा लुढ़ककर (By Traction)—नदियों में चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े लुढ़कते हुए चलते हैं। चट्टानी टुकड़ों से लुढ़ककर चलने की क्रिया को कर्षण कहा जाता है। इस विधि में चट्टानी टुकड़े नदी की तली के साथ लुढ़क या फिसलकर चलते हैं। इस प्रकार कर्षण द्वारा चट्टानी टुकड़े एक स्थान से दूसरे स्थान को और फिर दूसरे से तीसरे स्थान को धीरे-धीरे आगे चलते हैं।

निलम्बन द्वारा (By Suspension)—जल की उत्प्लावन शक्ति (Buoyancy) के कारण उसमें प्रत्येक वस्तु का भार कम हो जाता है। अतः जब चट्टानों के सूक्ष्म या मध्यम श्रेणी के पदार्थ पानी के साथ चलते हैं तो भार की कमी से वे निलम्बन की अवस्था में स्थानान्तरित होते हैं। ऐसा अनुमान है कि मिसिसिपी नदी अपने भार का 90 प्रतिशत भाग इसी रूप में परिवहित करती है।

विलयन द्वारा (By Solution)—चट्टानों के अनेक पदार्थ घुलनशील होते हैं। अतः ऐसे पदार्थ जल के साथ घुलकर अदृश्य रूप में प्रवाहित होते हैं।

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 157

उत्परिवर्तन द्वारा (By Saltation)—जब नदी में चट्टानी टुकड़े तली पर उछल-उछलकर स्थानान्तरित होते हैं तो इस क्रिया को उत्परिवर्तन कहा जाता है। इस विधि में चट्टानी पदार्थों का बहुत ही मन्द गति से परिवहन होता है।

यद्यपि नदियाँ उपरोक्त विधियों से बड़ी मात्रा में पदार्थों को बहाकर समुद्र में ले जाती हैं, किन्तु उनके द्वारा पदार्थों का परिवहन निम्न तीन बातों पर निर्भर करता है :

- (1) नदी का वेग,
- (2) नदी की प्रवृत्ति,
- (3) पदार्थों का आपेक्षिक गुरुत्व (specific gravity) एवं उनकी उत्प्लावकता (Buoyancy)।

(1) नदी का वेग—नदियों की परिवहन-शक्ति पर सबसे अधिक प्रभाव उसके वेग का होता है। सामान्यतः एक तीव्र वेग वाली नदी मन्द गति से प्रवाहित होने वाली नदी की अपेक्षा अधिक जलोढ़क बहा ले जाती है। किन्तु नदी की धारा का वेग मुख्यतः उसके ढाल, उसमें जल के आयतन और उसके आकार पर निर्भर करता है। यदि नदी की आकृति और ढाल एकसमान रहे किन्तु नदी में जल की मात्रा बढ़ जाय तो नदी का वेग बढ़ जायगा। यदि नदी का आकार और उसमें जल का आयतन अविरत (constant) रहे पर उसके ढाल में वृद्धि हो जाय तो उसका वेग भी अधिक होगा। जहाँ नदी का ढाल और उसमें जल का आयतन एक जैसा रहता है तो अनियमित और विसर्पित जल धाराओं की अपेक्षा सीधी और नियमित धाराओं में वेग अधिक रहता है।

नदी-तल के जलोढ़कों को परिवहित करने की नदी की क्षमता को आँकने के लिए कई परीक्षण किये गये हैं, किन्तु उनमें से कोई भी पूर्ण सन्तोषप्रद प्रमाणित नहीं हो सका है। अतः नदी के परिवहित करने की शक्ति और नदी के वेग के बीच सम्बन्ध को बताने के लिए विभिन्न आँकड़े प्रयोग में लाये जाते हैं। गिल्बर्ट के अनुसार नदी के वेग और उसकी परिवहन शक्ति में 3.2 से 4.0 घात (power) का अनुपात है।¹ अन्य विद्वान इस अनुपात को छठे घात (sixth power) तक मानते हैं।² अर्थात् यदि कोई नदी एक नियत गति पर 1 पौण्ड भार का टुकड़ा बहा ले जाती है तो उसका वेग दुगुना हो जाने पर उसकी परिवहन की शक्ति $= (2)^6 = (2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2) = 64$ गुना बढ़ जायगी और वह 64 पौण्ड भार का पत्थर बहा ले जायगी। किन्तु जब नदी मिश्रित जलोढ़कों को प्रवाहित करती है तो शक्ति में केवल चौगुनी वृद्धि ही होती है। गीकी (Geikei) के अनुसार यदि किसी नदी का वेग $\frac{1}{8}$ मील प्रति घण्टा है तो वह उम्दा चीका (fine clay) को भी कठिनाई से परिवहित कर सकेगी। किन्तु $\frac{1}{4}$ मील प्रति घण्टा की गति होने पर वह उम्दा बालू (fine gravel) को, $\frac{1}{2}$ मील की गति पर मोटी रेत को, $\frac{3}{4}$ मील की गति पर उम्दा बजरी (fine gravel) को और $1\frac{1}{2}$ मील की गति पर वह एक इंच व्यास वाले ककड़ों को बहा ले जायेगी।³

उपरोक्त उदाहरण से स्पष्ट है कि नदी के वेग में तनिक भी वृद्धि हो जाने पर उसकी परिवहन शक्ति असाधारण रूप से बढ़ जाती है। किन्तु साथ ही हमें यह भी स्मरण रखना चाहिए कि धारा के वेग में कमी हो जाने पर उसकी परिवहन शक्ति में गति के अनुपात में कहीं अधिक कमी हो जाती है। यही कारण है कि वर्षाऋतु में जब नदी में जल की मात्रा और वेग दोनों ही अधिक होते हैं तो वह बड़े-बड़े पत्थरों को भी सरलता से बहा ले जाती है, परन्तु शुष्क ऋतु में जल और वेग की कमी हो जाने पर वह साधारण जलोढ़क को भी आगे नहीं धकेल पाती। नदी के वेग में

1 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 158

2 Finch and Trewartha : *Elements of Geography*, p. 241

3 *Ibid.* : p. 242

कमी हो जाने पर उसकी परिवहन शक्ति इतनी नष्ट हो जाती है कि धारा के प्रवाह में जहाँ कहीं तनिक भी अवरोध आ जाता है वही धारा जलोढक का निक्षेप कर देती है।

(2) **नदी की प्रवृत्ति**—किसी जल-धारा में परिवहन की शक्ति प्रधानतः उसके स्वभाव पर निर्भर करती है। धारा का प्रवाह सदैव समान और नियमित नहीं रहता। उसके किनारों की अपेक्षा मध्य भाग में एवं उसकी तली की अपेक्षा ऊपरी भाग में प्रवाह वेग अधिक रहता है। नदी के किनारों और तली में घर्षण (friction) के कारण वेग कम हो जाता है। फिर चूँकि नदी के किनार ढालू होते हैं, अतः गुरुत्वाकर्षण के वशीभूत किनारों का जलोढक खिसककर नदी के केन्द्रीय भाग में चला जाता है, जिससे नदी का तल ऊबड़ खाबड़ बन जाता है। नदी-तल की यह विषमता धारा की दिशा में कई परिवर्तन ला देती है, जिसका प्रभाव उसकी परिवहन शक्ति पर होता है।

(3) **पदार्थों का आपेक्षिक गुरुत्व**—पानी में प्रत्येक वस्तु का भार कम हो जाता है। पानी की इस प्रकृति के कारण कम घनत्व वाले ठोस पदार्थ जल में लटके रहते हैं और जल-धारा द्वारा दूर तक बहा ले जाये जाते हैं, किन्तु भारी पदार्थ नदी-तल में बैठ जाते हैं। इन पदार्थों में प्लवनशीलता होती है। यह प्लवनशीलता जल में घुले हुए लवणों के कारण और भी बढ़ जाती है। इस प्लवन-शीलता से उनका जल-धारा पर कम बोझ पड़ता है और वे धारा के साथ बहे चले जाते हैं।

कोई भी जल-धारा स्थूल की अपेक्षा सूक्ष्म एवं कम घनत्व के पदार्थों का अधिक भार वहन कर सकती है, क्योंकि सूक्ष्म पदार्थ का प्रत्येक पौण्ड वजन स्थूल पदार्थ के प्रत्येक पौण्ड वजन की अपेक्षा जल-धारा की शक्ति पर कम भार डालता है। इसके अतिरिक्त जल-धारा की शक्ति का एक बड़ा हिस्सा स्थूल की अपेक्षा कम पदार्थों के परिवहन में लगता है।

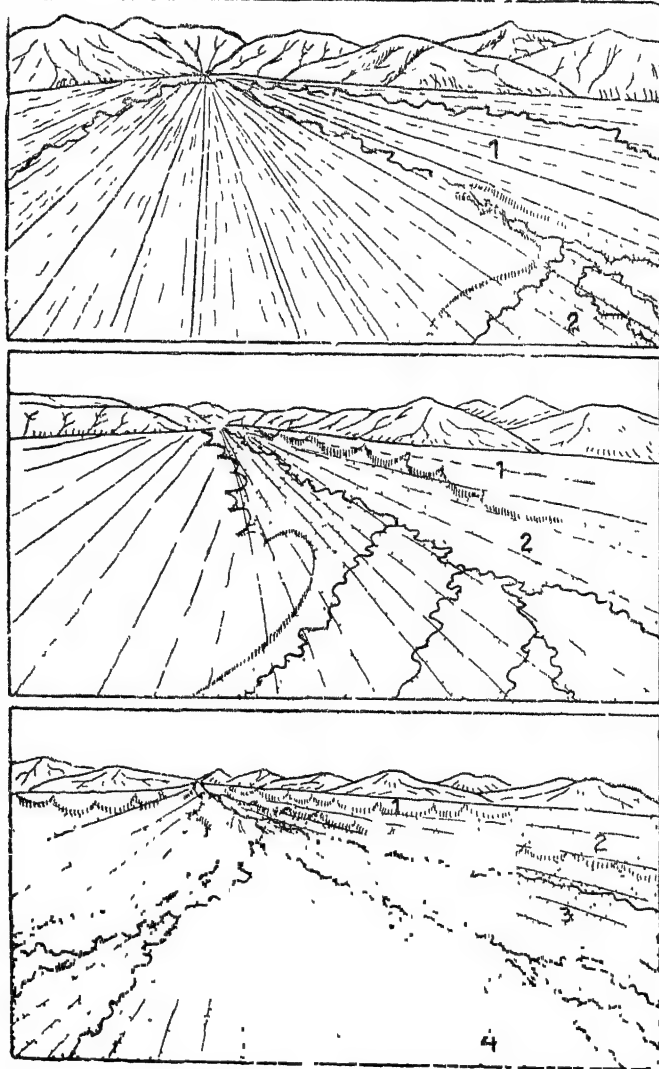
नदी अपने अन्दर एक जलोढक की एक निश्चित मात्रा ही बहाकर ले जा सकती है। यदि जलोढक का वास्तविक भार उसकी प्रवाहित शक्ति से कम होता है तो अपरदन (erosion) बढ़ जाता है। यदि जलोढक का वास्तविक भार उसकी शक्ति के बराबर होता है तो ऐसी दशा में न अपरदन होता है और न निक्षेप ही। पर यदि वास्तविक भार उसकी शक्ति से अधिक होता है तो जलोढक का अतिरिक्त भार निक्षेपित होने लग जाता है।

नदियों द्वारा निक्षेपण (Deposition by Rivers)

नदियों द्वारा निक्षेपण उनकी अपरदन क्रिया का प्रतिफल है। अपरदन क्रिया से भूमि कटती है और नदियाँ स्थल से बालू, बजरी एवं मिट्टी आदि पदार्थों को बहा ले जाती हैं। सामान्यतः नदियाँ अपरदित पदार्थों को समुद्र में ले जाकर एकत्रित करती हैं, किन्तु नदियाँ हमेशा ही सभी पदार्थों को सीधे समुद्र तक नहीं ले जा पाती, क्योंकि अपरदन पदार्थों का परिवहन धारा के वेग, भूमि के ढाल और मार्ग की रुकावटों आदि पर निर्भर करता है। अतः जब कभी नदी-घाटी का ढाल मन्द हो जाता है तो धारा का वेग कम पड़ जाता है। इसी प्रकार बाढ़ के कम होने पर अथवा नदी के विभिन्न धाराओं में बँट जाने पर या नदी के शुष्क प्रदेश से होकर बहने पर उसके जल का परिमाण घट जाता है और उसके प्रवाह वेग में कमी आ जाती है। जब नदी में जलोढक (load) की मात्रा बढ़ जाती है उस समय भी नदी का वेग घट जाता है। इस प्रकार जब कभी किसी भी कारणवश धारा का वेग कम पड़ जाता है तो नदी अपरदित पदार्थों को मार्ग में ही तब तक के लिए छोड़ देती है जब तक कि उनके परिवहन की अनुकूल परिस्थितियाँ पुनः पैदा नहीं हो जाती। नदियाँ अपनी घाटी में निक्षेपण मूलतः उन्हीं स्थानों पर करती हैं जहाँ जल-प्रवाह में बाधा उपस्थित होती है। ऐसी बाधाएँ पर्वतीय ढालों के आधार पर जहाँ ढाल में यकायक परिवर्तन आ जाता है, या मुहाने के समीप जहाँ नदी का जल स्थिर जल-राशि से जा मिलता है, अधिक पायी जाती है। नदी की मध्यवर्ती घाटी अथवा मैदानों में भी अत्यधिक मन्द ढाल और

नदी-जल के आयतन की तुलना में जलोढ़को की अधिक मात्रा के परिणामस्वरूप धारा के प्रवाह में बाधा आ जाती है। अतः इन भागों में नदियाँ अपने निक्षेपण द्वारा कई प्रकार की स्थलाकृतियों को जन्म देती हैं। इन स्थलाकृतियों में (1) जलोढ़ शंकु अथवा पंख, (2) विसर्पण, (3) डेल्टा, (4) बाढ़ का मैदान, (5) तट-बाँध, (6) बालू-भीति एवं बालुका द्वीप प्रमुख हैं।

जलोढ़ शंकु अथवा पंख (Alluvial Cones or Fans)—जलोढ़ शंकु अथवा पंख एक प्रकार का स्थलीय डेल्टा है। इसकी रचना यद्यपि नदी निक्षेपण द्वारा ही होती है किन्तु यह अपनी उत्पत्ति



चित्र 318—जलोढ़ शंकु अथवा पंख

में डेल्टा से भिन्न होता है। जब कोई नदी पर्वतीय भाग को छोड़कर मैदान में उतरती है तो उसके ढाल में यथायक परिवर्तन आता है। ढाल परिवर्तन से नदी का प्रवाह धीमा हो जाता है। फलस्वरूप नदी अपने साथ बहाकर लाये हुए अधिकांश जलोढ़को को वही निक्षेपित कर देती है। नदी-तल में इन जलोढ़कों का निक्षेपण तब तक होता रहता है जब तक कि नदी का ढाल इतना तीव्र न हो जाय कि

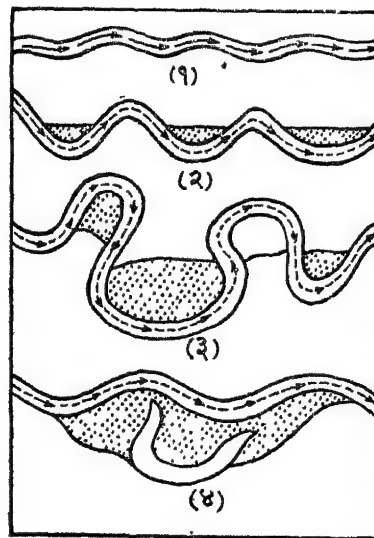
उसके द्वारा बहाकर लाये गये जलोढ़क सरलता से आगे परिवहित किये जा सकें। नदी-तल में जलोढ़कों के इस प्रकार के निक्षेपण से उसका प्रवाह अवरोध हो जाता है और नदी डेल्टे की भाँति अनेक धाराओं में बँट जाती है। इससे जलोढ़क एक शंकु अथवा पंख के रूप में फैल जाते हैं। सामान्यतः मोटे तथा खुरदरे जलोढ़क पंख के सिरे पर और महीन तथा चिकने जलोढ़क पंख के सबसे दूर वाले भाग में निक्षेपित होते हैं। इस प्रकार पर्वतीय ढालों के नीचे नदियों द्वारा निक्षेपित जलोढ़क-राशि को ही जलोढ़ शंकु अथवा पंख कहा जाता है।

जलोढ़ शंकु पंख की अपेक्षा अधिक प्रपाती ढाल वाला होता है। अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में शंकु की रचना अधिक होती है। इन प्रदेशों में जहाँ कहीं ढाल में आकस्मिक परिवर्तन होता है वहाँ उल्लेखनीय शंकु मिलते हैं, क्योंकि यहाँ यदाकदा होने वाली भारी वर्षा के कारण शक्तिशाली अस्थायी नदियों की उत्पत्ति हो जाती है जो बड़े शंकुओं की रचना करने में समर्थ होती है। संयुक्त राज्य अमरीका के ग्रेट बेसिन में पर्वतीय ढालों के सहारे ऐसे बड़े शंकु पाये जाते हैं। जब कहीं पर ढाल कम आकस्मिक होता है और नदियों में जल की मात्रा अधिक और जलोढ़क कम और सूक्ष्म होते हैं तो वहाँ शंकु के स्थान पर पंख की रचना होती है। सामान्यतः युवावस्था की सभी नदियाँ जब पर्वतीय भाग को छोड़ती हैं तो पर्वतीय ढालों के आधार पर पंख की रचना करती हैं। राँकीज एव हिमालय पर्वत से उतरकर मैदान में आने वाली अधिकांश नदियाँ ऐसे पंखों का निर्माण करती हैं। भारत में हरिद्वार के निकट ऐसा जलोढ़ पंख देखा जा सकता है। कभी-कभी ये पंख काफी मोटे और बड़े विस्तार के होते हैं। जहाँ कहीं पड़ोसी नदियों द्वारा निमित्त पंख एक-दूसरे से मिल जाते हैं वहाँ पर्वत प्रान्तीय जलोढ़ मैदान की रचना हो जाती है। भारत में हिमालय की तराई में बने ऐसे ही मैदान को **भाबर** कहा जाता है।

जलोढ़ पंख और उससे बने मैदान कृषि की दृष्टि से बहुत ही उपयोगी होते हैं। यहाँ पर बिछी कछारी मिट्टी बहुत ही उपजाऊ और मूल्यवान होती है। जब इन भागों में कुओं और नहरों द्वारा सिंचाई की व्यवस्था हो जाती है तो यहाँ की भूमि का मूल्य और उपयोगिता और भी बढ़ जाती है। अर्द्ध-शुष्क भागों में तो जलोढ़ पंख कृषि के बहुमूल्य क्षेत्र बने हुए हैं।

छाड़न झील (Oxbow Lakes)—नदी में ज्यों-ज्यों विसर्पण बढ़ते जाते हैं त्यों-त्यों विसर्पित ग्रीवा के स्कन्ध निकट आते जाते हैं। बाढ़ के समय नदी विसर्पण की संकीर्ण ग्रीवा को काट देती है जिससे विसर्पण का कुण्डलाकार भाग अलग हो जाता है और नदी की धारा सीधा मार्ग ग्रहण कर लेती है। धीरे-धीरे कटे हुए विसर्पण के सिरे बालू तथा मिट्टी से भर जाते हैं। नदी द्वारा छोड़े गये इन विसर्पणों में जब जल स्थिर हो जाता है, तो उन्हें छाड़न झील कहा जाता है। यहाँ यह स्पष्ट समझ लेना चाहिए कि विसर्पण से नदी का मार्ग जितना लम्बा होता है, छाड़न झीलों द्वारा वह उतना ही छोटा होता जाता है।

डेल्टा (Delta)—जलधारा का वेग सदा ढाल के अनुसार होता है। जब नदी समुद्र में प्रवेश करती है तो वह आधार-तल (base level) तक पहुँच गयी होती है। दूसरे शब्दों में, वह बहुत ही मन्द ढाल पर बहती है। परिणामस्वरूप समुद्र में गिरने के पूर्व नदी की शक्ति तथा वेग प्रायः क्षीण होता जाता है जिससे



चित्र 319—विसर्पण एवं छाड़न झील

नदी अपना जलोढ़क मुहाने पर ही पटक देती है। यही नही, नदी का स्वच्छ जल जब समुद्र के खारे पानी से मिलता है तो नदी की अवसाद अथवा कॉप शीघ्र ही ठोस रूप धारण कर नीचे जम जाती है। इस अवसाद का कुछ भाग समुद्री लहरे और धाराएँ बहाकर दूर ले चली जाती हैं।



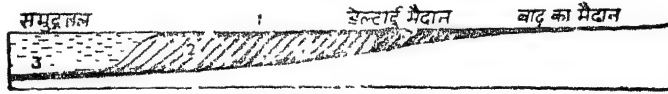
चित्र 320—एक आदर्श डेल्टा

यदि समुद्री किनारा प्रबल धाराओं तथा ज्वार-भाटों से मुक्त होता है तो समुद्र में नदी का निक्षेप एक मैदान के रूप में बढ़ता रहता है। सतत रूप से नदी द्वारा अपने मुहाने पर मिट्टी के जमा करने से उसकी धारा अवरुद्ध हो जाती है। फलतः नदी को अपना प्रवाह बनाये रखने के लिए नवीन मार्ग बनाना पड़ता है। इस प्रकार नदी अनेक शाखाओं में बँट जाती है और डेल्टे का निर्माण कर देती है। संक्षेप में, “डेल्टा नदी के अन्तिम भाग का वह त्रिभुजाकार समतल मैदान है जो समुद्र अथवा झील में नदी निक्षेप द्वारा बनता है और जिस पर नदी का जल अनेक धाराओं में विभाजित होकर समुद्र में पहुँचता है।” मुख्य धारा से निकली हुई अन्य शाखाएँ नदी की वितरक धाराएँ (distributaries) कहलाती हैं। इन वितरक धाराओं में प्रमुख धारा की अपेक्षा जल की मात्रा कम हो जाती है। इससे इनकी गति बड़ी मन्द रहती है। जलोढ़क की अधिकता तथा अत्यन्त मन्द ढाल पर बहने के कारण भी इनकी गति बड़ी धीमी पड़ जाती है। फलतः निक्षेप बढ़ जाता है जिससे इनके बीच रेत के अनेक टापू और लम्बी बालू भीतियाँ (sand bars) बन जाती हैं। गंगा, सिन्धु तथा इरावदी नदियों के मुहानों पर ऐसे डेल्टे देखे जा सकते हैं। ‘डेल्टा’ ग्रीक भाषा का अक्षर है जिसका आकार त्रिभुजाकार है। नील नदी के निचले मैदान की आकृति ठीक इस अक्षर Δ से मिलती-जुलती है। इसी समानता के आधार पर यूनानियों ने नील नदी के निम्न मैदान के लिए ‘डेल्टे’ शब्द का प्रयोग किया था जो आज भी प्रचलित है।

डेल्टा की रचना के लिए निम्नलिखित बातें आदर्श होती हैं :

- (1) नदी का प्रवाह मार्ग काफी लम्बा होना चाहिए तथा उसकी अनेक सहायक नदियाँ होनी चाहिए जिससे समुद्र में बड़ी मात्रा में अवसाद (sediment) जमा हो सके।
- (2) नदी अन्त में एक समतल मैदान से होकर बहती हो जिससे उसका प्रवाह धीमा हो सके तथा नदी के जल का समुद्र के जल से पूरा समागम हो सके और नदी की अवसाद समुद्र में दूर न जा सके।
- (3) समुद्र लहरों, धाराओं तथा ज्वार-भाटे के प्रवाह से मुक्त हो सके जिससे मुहाने पर अवसाद का निक्षेप बढ़ सके।

डेल्टे की संरचना और मोटाई—सामान्यतः डेल्टे के तीन भाग होते हैं (1) ऊपरी भाग (Top set)—यह एक मन्द ढाल वाला चौड़ा और समतल मैदान है जो समुद्र की सतह से कुछ ही ऊपर उठा हुआ होता है। (2) अग्र भाग (Fore set)—यह समुद्र में डूबा हुआ सामने वाला



चित्र 321—डेल्टे के विभिन्न भाग . (1) ऊपरी भाग, (2) अग्र भाग, (3) निम्न भाग

भाग होता है। इसका ढाल एकदम खड़ा होता है। (3) निम्न भाग (Bottom set)—यह डेल्टे के नीचे का अन्तिम भाग है जो समुद्र-जल में बहुत दूर तक फैला रहता है। हिमानीकृत झीलों में बने छोटे डेल्टाओं में ये सब भाग भली प्रकार से विकसित देखे जाते हैं। समुद्रों में निर्मित डेल्टाओं में ऊपरी भाग और अन्तिम निम्न भाग प्रायः एक साथ मिल जाते हैं।

डेल्टाओं के निक्षेप की मोटाई मुख्यतः डेल्टा की रचना की जाने वाले जल की गहराई पर निर्भर है। यह मोटाई डेल्टे के शीर्ष के समीप बहुत ही कम होती है। यह कहा जाता है कि नील नदी के डेल्टे की मोटाई 50 फुट से अधिक नहीं है। मिसिसिपी के डेल्टे में दो हजार फुट गहरे कुएँ खोदे गये हैं, पर कहीं भी डेल्टा के निक्षेप का अन्त मालूम नहीं दिया।

डेल्टे की प्रगति—समुद्र की ओर धनुषाकार डेल्टाओं की प्रगति प्रायः सभी ओर समान रूप से होती है। नील का डेल्टा प्रतिवर्ष औसतन 12 फुट आगे बढ़ता है।¹ पिछले 800 वर्षों में पो नदी का डेल्टा एड्रियाटिक समुद्र में 80 से 200 फुट प्रतिवर्ष के हिसाब से बढ़ता रहा है। इसा के पूर्व एड्रिया नामक नगर पो और एडिगी नदियों के बीच एक समुद्री बन्दरगाह था, किन्तु अब वह स्थल की ओर 14 मील भीतर स्थित है।² कैस्पियन सागर में गिरने वाली टेरिक (Terek) नदी प्रतिवर्ष अपने डेल्टे को 1,000 फुट आगे बढ़ा देती है। इसी प्रकार मिसिसिपी नदी 1908 में औसतन 250 फुट प्रतिवर्ष के हिसाब से अपने डेल्टे को बढ़ा देती थी। सन् 1912 में उसकी यह गति बढ़कर 2,000 फुट प्रतिवर्ष हो गयी।³

डेल्टे के विभिन्न प्रवाह मार्गों और उसकी भुजाओं की प्रगति से समुद्र का कुछ भाग आबद्ध हो जाता है, जिससे डेल्टे की झीले बन जाती हैं। जैसे राइन नदी के डेल्टे पर ज्यूडियर जी (Zuyder Zee), टिनीटी नदी के मुहाने पर टर्टल की (Turtle Bay), न्यूआर्लियन्स के समीप पोंचरट्रेन (Pontchartrain) एवं नील नदी के मुहाने पर बोरोलोस व मेनजाला आदि झीले बन गयी हैं।

डेल्टे के प्रकार—डेल्टे अपने आकार की दृष्टि से कई प्रकार के होते हैं। डेल्टे का आकार नदी के जलोढ़क की मात्रा, जलोढ़क की प्रकृति और उस जल की गहराई जिसमें डेल्टे की रचना होती है आदि कई बातों पर निर्भर करता है। आकार की दृष्टि से डेल्टे निम्न प्रकार के होते हैं :

(1) धनुषाकार डेल्टा (Arcuate Delta)—नदी का जलोढ़क (load), अष्टीला, कंकड़, बालू और कुछ घुली हुई मिट्टी के रूप में हो सकता है अथवा वह निम्नात ही बारीक काँप और चूने की बड़ी मात्रा में घुले हुए रूप में हो सकता है। जो डेल्टा खुरदरे पदार्थों जैसे कंकड़, बालू और काँप आदि से बनता है वह एकदम सरन्ध्र (porous) होता है। ऐसे निक्षेपित पदार्थों पर जब नदी की धारा बहती है तो वह अनेक शाखाओं और वितरक धाराओं में बँट जाती है। अधिकतर धाराओं में जल-प्रवाह शिथिल होता है और वे बहुधा उच्च जल (high water) के

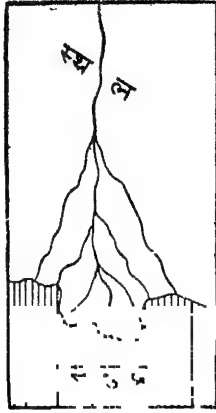
¹ A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 233

² *Ibid.*

³ *Ibid.*

समय अपना मार्ग बदल देती हैं। जल-प्रवाह अधिकतर पदार्थों के नीचे रहता है। ऐसी नदियों द्वारा निर्मित डेल्टे जिनकी अनेक वितरक धाराएँ होती हैं जैसे नील, राइन, ह्वांगहो, नाइजर और सिन्धु आदि नदियों के डेल्टा, धनुषाकार डेल्टा हैं। वस्तुतः ससार के अधिकतर डेल्टे अपनी रूपरेखा में अपेक्षतया सरल पंखे के अनुरूप (fan shaped) अथवा धनुषाकार और समुद्र की ओर उन्नतोदर होते हैं।

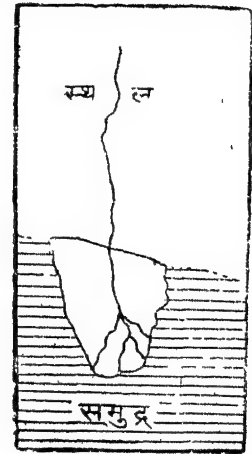
(2) पंजाकार डेल्टा (Bird's Foot or Dissected Delta)—जो नदियाँ अपने साथ बड़ी मात्रा में काँप मिट्टी और घोल के रूप में चूना बहाकर लाती हैं, पंजाकार डेल्टे की रचना करती हैं। ऐसी नदियों में प्रवाह की साधारण व्यवस्था होती है। इनकी धाराएँ बड़ी साधारण होती हैं। इनमें वितरक धाराओं का समूह नहीं देखा जाता। इसका मूल कारण यह है कि ये नदियाँ अरन्ध्र पदार्थों का जो निक्षेप करती हैं वह जल को पदार्थों के नीचे होकर बहने से रोकता है। अतः जल कुछ ही बड़ी धाराओं में होकर प्रवाहित होता है। मिसिसिपी नदी इसका सर्वोत्तम उदाहरण है। यह नदी विशाल चूने के प्रदेशों तथा अवसादी चट्टानों से बह कर आती है इसलिए इसका तीन-चौथाई पदार्थ (जो यह मुहाने पर जमा करती है तलछट या काँप के रूप में होता है। मिसिसिपी अपने डेल्टे को चार प्रमुख वितरक धाराओं द्वारा आगे बढ़ाती है। ये चारों धाराएँ एक ही बिन्दु से अलग होती हैं और डेल्टे को पूरा पंजाकार रूप देती हैं।



(3) क्षीणाकार डेल्टा (Lobate Delta)—जब नदी अनेक धाराओं में बँट जाती है तो कभी-कभी ये वितरक धाराएँ भी अलग से डेल्टे की रचना कर डालती हैं। परिणामस्वरूप मुख्य डेल्टे की प्रगति रुक जाती है अथवा कम हो जाती है। अतः ऐसे डेल्टाओं को क्षीणाकार डेल्टा कहा जाता है।

(4) भग्नाकार डेल्टा (Truncated Delta)—समुद्र में नदी द्वारा प्रवाहित जलोढ़क का अधिकतर भाग कभी-कभी धाराओं व डेल्टा ज्वार-भाटों के प्रभाव से बह जाता है। ऐसा होने पर डेल्टा भग्न हो जाता है। इन डेल्टाओं को भग्नाकार डेल्टा कहा जाता है।

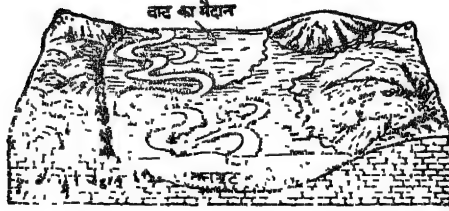
(5) एस्चुअरी (Estuaries)—जिन नदियों के मुहाने नीचे धँस गये हैं अथवा अभी भी धँस रहे हैं, जैसे मैकेन्जी, एल्ब, विस्कुला, ओडर, लोयर हडसन आदि—वे अपना जलोढ़क एक लम्बी सँकरी धारा द्वारा ही जमा करती हैं। ज्वार-भाटा इनके कार्य में सह-योग करता है। ज्वार-भाटा पदार्थों को बहा ले जाता है और डेल्टा बनने से रोकता है। अतः इस प्रकार की नदियों के मुहानों को एस्चुअरी कहा जाता है। महासागरों की अपेक्षा सबसे अधिक और सुन्दर विकास झीलों अथवा अन्तःस्थली समुद्रों में बने डेल्टाओं का होता है। ये डेल्टे एकदम सुरक्षित होते हैं। बोनविल्ली झील (Lake Bonnewille) में बना हुआ डेल्टा ऐसे ही डेल्टे का उदाहरण है। महासागरों में लहरे और धाराएँ डेल्टाओं के आकार को बदल देती हैं। इनके प्रभाव से महासागरों में डेल्टाओं का आकार उभयाग्र (cusped) हो जाता है अथवा बलुही भीतियों से घिर जाता है।



चित्र 323—कण्डित डेल्टा

समुद्र-तल से केवल 400 फुट ऊँचा है। अतः प्रति मील मैदान का ढाल $1\frac{1}{8}$ फुट ही है। मैदान में जमा होने वाला पदार्थ अधिकतर बारीक कॉप है जो भीतरी लोयस से प्राप्त होती है। लोयस के पीले होने के कारण ही इस नदी को पीली नदी का नाम दिया गया है। मन्द ढाल होने से जब कभी नदी में बाढ़ आ जाती है तो वह अपना मार्ग छोड़ देती है। यही कारण है कि नदी का मुहाना अनेक बार 200 मील तक इधर-उधर हटता रहा है। जब नदी अपने किनारे छोड़ देती है तो भयंकर बाढ़ें आती हैं। सन् 1887 में ऐसी ही बाढ़ के द्वारा 50,000 वर्गमील उपजाऊ और घनी आबाद भूमि पर बाढ़ का पानी फैल गया जिससे अपरिमित हानि उठानी पड़ी।²

बाढ़ का मैदान (Flood Plains)—पर्वतीय प्रदेशों को छोड़कर, ज्योंही नदी आगे बढ़ती है



उसकी गति धीमी पड़ जाती है। साथ ही नदी की घाटी भी चौड़ी हो जाती है। ऐसी अवस्था में जब कभी नदी में बाढ़ आती है तो नदी में केवल जल की मात्रा ही नहीं बढ़ जाती बल्कि इसकी गति और शक्ति भी बढ़ जाती है। अतः नदी अपने मार्ग को गहरा करने के साथ-साथ किनारों को भी काटती जाती है। बाढ़ का पानी जब इतना अधिक हो

चित्र 326—बाढ़ का मैदान एवं प्रवाह भोड़
जाता है कि नदी की धारा को छोड़कर किनारों से बाहर फैलने लगता है तो नदी का फाट दूर-दूर तक फैल जाता है। मुख्य धारा को छोड़ कर किनारों से दूर फैले हुए जल की शक्ति बिल्कुल नष्ट हो जाती है। जल एक प्रकार से स्थिर-सा हो जाता है, जिससे उसमें बहकर आने वाला अवसादी पदार्थ भूमि पर बैठने लगता है। इस प्रकार बाढ़ के पश्चात् नदियों के दोनों किनारों की ओर जहाँ तक बाढ़ का पानी फैलता है मिट्टी की परतें जम जाती हैं जो खेती के लिए बहुत लाभदायक होती हैं। भिन्न-भिन्न नदियाँ व भिन्न-भिन्न प्रदेशों में इन परतों की मोटाई भिन्न होती है। ये परतें चार-पाँच फुट से लेकर बीस फुट तक मोटी पायी जाती हैं। इस प्रकार बाढ़ के समय नदियों की तलहटी के निक्षेप से जो मैदान बन जाता है उसे बाढ़-निर्मित मैदान (flood plains) कहा जाता है।

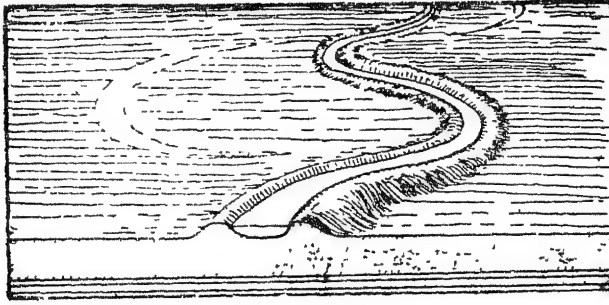
तट-बाँध (Levees)—बाढ़ के समय जल का आयतन इतना बढ़ जाता है कि वह धारा के दोनों ओर तटों के ऊपर चढ़कर सम्पूर्ण घाटी तल (valley floor) में फैल जाता है। बाढ़ के जल की रुकावट सर्वप्रथम नदी के तटों के कारण होती है। अतः वह अपना अधिकांश जलोढ़क पदार्थ तटों के ऊपर ही जमा कर देती है। बाढ़ के समय तटों पर इस प्रकार के निक्षेप से नीचे बाँध (low embankment) से बन जाते हैं। नदी तटों पर बने इन बाँधों को ही तट-बाँध (Levees) कहते हैं।

बाढ़ के दिनों में तो नदी अपनी तलहटी को काटकर गहरा करती है। परन्तु बाढ़ का वेग कम पड़ते ही जल की गति धीमी पड़ जाती है जिससे उसमें बहने वाले पदार्थ तलहटी में जमा होने लगते हैं। इसके परिणामस्वरूप तलहटी ऊँची होने लगती है। इस प्रकार बार-बार बाढ़ आने से नदी बाढ़ के समय तो किनारों पर और बाढ़ के बीत जाने पर घाटी तल पर मिट्टी जमा करती है। इसका फल यह होता है कि नदी कुछ ही दिनों में अपने आसपास के प्रदेश से ऊँची भूमि पर बहने लगती है। किन्तु किनारे पर बाढ़ के समय का पदार्थ जमा होते रहने से किनारे तलहटी

¹ A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 237

² A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 235

से काफी ऊँचे रहते हैं। साधारणतः नदी के दोनों किनारों पर बाढ़ के मैदान के तल से 10 से 20 फुट ऊँचे तट-बाँध बन जाते हैं। इस प्रकार नदी के का तल उसके द्वारा बनाये गये बाँध के भीतर ही रुका रहता है। गंगा, ह्वांगहो, मिसिसिपी और पो जैसी पुरानी नदियों की घाटियों में कई स्थलों पर ऐसे बाँध देखे जा सकते हैं।



चित्र 327—तट बाँध

इस प्रकार के बाँध जब कभी टूट जाते हैं तब नदी के बाढ़, प्रदेशों में त्राहि-त्राहि मच जाती है। ऐसी बाढ़ से अनेक उपजाऊ खेत और बस्तियाँ नष्ट हो जाती हैं। इसलिए इन बाँधों के ऊपर भी कृत्रिम बाँध बनाने की आवश्यकता पड़ती है। कई देशों में ऐसे कृत्रिम बाँध बनाये भी गये हैं। किन्तु बाढ़ को रोकने का यह सर्वोत्तम उपाय नहीं है। कभी-कभी प्राकृतिक बाँध के टूट जाने से आसपास के प्रदेश से ऊँचे तल पर बहने वाली नदियाँ सदैव के लिए अपना मार्ग बदल देती हैं, जिससे भयंकर आपत्ति का सामना करना पड़ता है। चीन की ह्वांगहो नदी के बाँध टूटने से सन् 1887 में जो बाढ़ आयी उसमें लगभग 10 लाख मनुष्य डूबकर मर गये। सन् 1927 में मिसिसिपी नदी में इस प्रकार बाँध टूट जाने से जो बाढ़ आयी उसमें लगभग 25,000 वर्गमील भूमि नष्ट हो गयी। इसलिए बाढ़ से किसी प्रदेश को बचाने के लिए बाँध बनाने के साथ-साथ और उपाय भी करने पड़ते हैं। बाढ़ द्वारा स्थायी रूप से रक्षा नदी के मार्ग को सीधा करके, वर्षा ऋतु में ऊपरी प्रवाह प्रदेश (catchment area) पर जंगल लगा करके एव नालियाँ और संग्राहक (storage reservoirs) बना करके की जा सकती है।

नदियों द्वारा बहाकर लायी हुई गाद और मिट्टी आदि के निरन्तर निक्षेप होते रहने से तट-बाँध बराबर चौड़े हो जाते हैं और बाढ़ क्षेत्र साधारण सतह से काफी ऊँचे हो जाते हैं। अतः ये मनुष्यों के निवास के लिए उत्तम स्थान बन जाते हैं। यही कारण है कि यहाँ जनसंख्या का घनत्व सदा अधिक पाया जाता है। समतल होने से इन भागों में सड़के तथा रेलें बनाना भी सरल होता है।

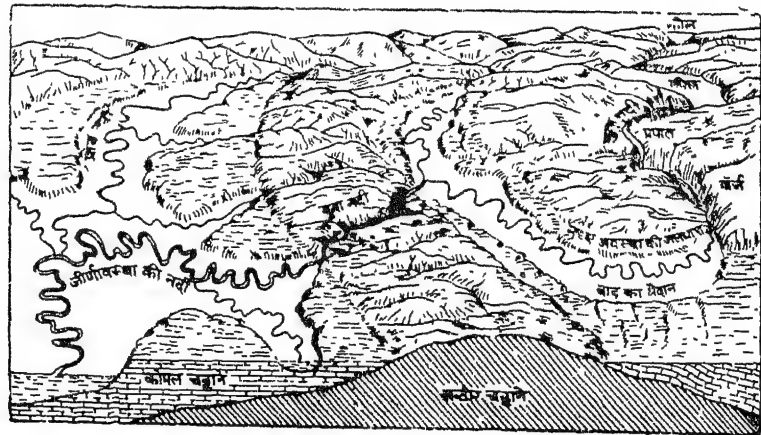
बालू-भूति और बालुका द्वीप (Sand Bars and Island of Sand)—यह बताया जा चुका है कि जब नदी में पानी की मात्रा बढ़ जाती है तो उसकी प्रवाह-शक्ति भी अधिक हो जाती है। इस बढ़ी हुई प्रवाह-शक्ति के कारण उसमें भार वहन करने की शक्ति बढ़ जाती है। परन्तु ज्यों ही बाढ़ का पानी उतरने लगता है उसकी बोझा ढोने की शक्ति ही नष्ट हो जाती है। फलतः नदी अधिकांश जलोढ़क (load) तलहटी में ही छोड़ देती है। तलहटी में जलोढ़क के इस निक्षेप से बालू की भीतियाँ (sand bars) और बालू के द्वीप (islands of sand) बन जाते हैं और स्थान-स्थान पर अष्टीलाओं (shingles) का ढेर लग जाता है। अष्टीलाओं के इन निक्षेपों को गंगा की घाटी में रेती (reti) कहा जाता है। शुष्क मौसम में यह रेती (reti) नदी के जल की सतह से ऊपर दिखाई पड़ती है। नदी के मार्ग में इन रुकावटों के कारण प्रमुख धारा कई शाखाओं में

बँट जाती है। ये शाखाएँ मार्ग की आड़ी-टोड़ी रुकावटों के कारण कभी आपस में मिलती हैं और कभी अलग हो जाती हैं। नदी धारा इस प्रकार कई शाखाओं में बँटकर जाल-सा बना देती है। ऐसी नदी को **गुम्फित नदी (Braided river)** कहते हैं।

सामान्य अपरदन चक्र (The Normal Cycle of Erosion)

धरातल के अपरदन में यो तो नदियाँ, हिमनदियाँ, हवा तथा समुद्र की लहरे आदि सभी भाग लेते हैं, किन्तु उसमें सबसे अधिक हाथ नदियों का ही देखा जाता है। भू-पटल पर परिवर्तन लाने में नदियों का कार्य अपरदन के अन्य साधनों की अपेक्षा अधिक व्यापक और महत्वपूर्ण होता है। इसकी व्यापकता इस बात से स्पष्ट हो जाती है कि पवन, हिमानियों, समुद्री लहरों व भूमिगत जल के कार्यों में भी जल का आंशिक हाथ रहता है। दूसरे शब्दों में, नदियाँ ही धरातल पर अपरदन की सबसे अधिक सामान्य अभिकर्ता हैं। अतः नदियों के अपरदन चक्र को ही **सामान्य अपरदन चक्र (Normal Cycle of Erosion)** कहा जाता है।

अपरदन के सामान्य चक्र का श्रीगणेश किसी भी प्रकार की आकृति और संरचना वाले धरातल पर हो सकता है। किन्तु इसका प्रारम्भ समुद्र-गर्भ से किसी भी स्थलखण्ड के उत्थान के साथ हो जाता है। जैसे ही कोई स्थलखण्ड समुद्र-तल के ऊपर उठ जाता है उस पर नदी का कार्य प्रारम्भ हो जाता है। प्रारम्भ में नदी की अपरदन गति की तुलना में स्थलखण्ड के उत्थान की गति अधिक तेज होती है जिससे स्थलखण्ड की ऊँचाई बढ़ती जाती है। कुछ समय के उपरान्त स्थलखण्ड का उत्थान रुक जाता है। फलस्वरूप अपरदन कार्य अधिक सक्रिय हो जाता है। यहाँ पर यह कल्पना करनी होगी कि समुद्र से उत्थित स्थलखण्ड एक लम्बे समय से स्थिर है और यह एक निश्चित समय में अपरदन द्वारा कटकर अपने आधार-तल को पहुँच जाता है। जब कोई स्थलखण्ड कटकर अपने आधार-तल के बराबर हो जाता है तो वहाँ अपरदन का एक चक्र पूर्ण हो



चित्र 328—नदी की विभिन्न अवस्थाएँ

जाता है। किन्तु एक स्थलखण्ड और उसके उत्थित भागों को आधार-तल तक पहुँचने के पूर्व कई अवस्थाओं से होकर गुजरना पड़ता है तथा इन अवस्थाओं के अन्तर्गत वहाँ भिन्न-भिन्न भू-आकारों की रचना होती है। डेविस महोदय ने सामान्य अपरदन चक्र की तीन अवस्थाएँ—युवावस्था, प्रौढावस्था एवं जीर्णवस्था—बतायी हैं। इन अवस्थाओं के दौरान स्थलखण्ड की प्रारम्भिक स्थलाकृति (Topography) तरुण (young) होती है जो कुछ समय उपरान्त प्रौढ हो जाती है और अन्त में आधार-तल को पहुँचने पर जीर्ण हो जाती है। एक स्थलखण्ड की अवस्थाओं के

अनुसार नदियों की भी तीन अवस्थाएँ होती हैं—तरुण नदी (Young stream), प्रौढ़ नदी (Mature stream) एवं जीर्ण नदी (Old stream)। नदियों का मुख्य कार्य धरातल के ऊपर विद्यमान विषमताओं को मिटा कर उसे समतल करना होता है। इस कार्य के लिए वे धरातल के ऊँचे उठे हुए स्थलखण्ड को काटकर उसे आधार-तल (base level) तक लाने का प्रयास करती हैं। इस कार्य में नदियाँ कहीं तक सफल होती हैं यह बड़ा ही विवादास्पद विषय है, किन्तु विषय के सरलीकरण की दृष्टि से यह मान लिया जाता है कि नदियाँ अपने अपरदन द्वारा अन्ततः स्थलखण्ड को आधार-तल तक पहुँचा देती हैं। जब नदियाँ किसी स्थलखण्ड पर अपरदन कार्य प्रारम्भ करती हैं और अपरदन का थोड़ा-सा कार्य ही सम्पन्न हुआ रहता है तो उस समय मुख्य नदी और उसकी सहायक नदियाँ सभी तरुणावस्था में होती हैं। किन्तु ये नदियाँ जब अपने कार्य का आधा भाग पूरा कर लेती हैं तो वे प्रौढ़ावस्था में पहुँची होती हैं, लेकिन जब नदियाँ अपना सम्पूर्ण कार्य समाप्त कर देती हैं अर्थात् स्थलखण्ड अपरदित होकर आधार-तल को पहुँच जाता है तो नदियाँ अपनी जीर्णावस्था में होती हैं। सामान्यतः अपरदन चक्र की विभिन्न अवस्थाएँ—युवावस्था, प्रौढ़ावस्था और जीर्णावस्था—एक दूसरी से आपस में जुड़ी हुई रहती हैं। इसलिए इनको किसी निश्चित अवधि में प्रकट नहीं किया जा सकता। यदि किन्हीं दो स्थानों पर एक साथ अपरदन चक्र प्रारम्भ होते हैं तो यह आवश्यक नहीं कि दोनों ही स्थानों पर वे एक साथ ही समाप्त होंगे। एक स्थान पर चक्र अपनी युवावस्था में और दूसरे स्थान पर प्रौढ़ावस्था में हो सकता है। वस्तुतः अपरदन चक्र की अवधि स्थलखण्ड की ऊँचाई, स्थलखण्ड के विस्तार, स्थलखण्ड की संरचना, समुद्र से दूरी, वर्षा की मात्रा और नदियों के रूप आदि बातों से प्रभावित होती है। फलस्वरूप चक्र की अवधि कहीं पर कम और कहीं पर अधिक हो सकती है। अब हम अपरदन के सामान्य चक्र की विभिन्न अवस्थाओं को भली प्रकार समझने के लिए एक आदर्श चक्र का उल्लेख कर रहे हैं।

चक्र का प्रारम्भिक रूप—यद्यपि सामान्य अपरदन चक्र का प्रारम्भ समुद्र से उत्थित किसी भी स्थलखण्ड पर हो सकता है, किन्तु फिर भी हम मानकर चलते हैं कि स्थलखण्ड का समुद्र से उत्थान हुआ है और इसका उत्थान कुछ समय तक अपरदन के साथ-साथ चलता है। इस स्थलखण्ड की संरचना सामान्य है। इसकी रचना कठोर तथा कोमल अवसादी शैलों द्वारा हुई है। यह स्थलखण्ड आर्द्र प्रदेश में स्थित है और यहाँ घनी वर्षा के कारण वर्ष भर नदियाँ बहती रहती हैं। इसके अतिरिक्त यह भी मान लिया गया है कि स्थलखण्ड दीर्घकाल तक समुद्र-तल के सापेक्ष में



चित्र 329—अपरदन चक्र की क्रमिक अवस्थाओं का पार्श्व-चित्र

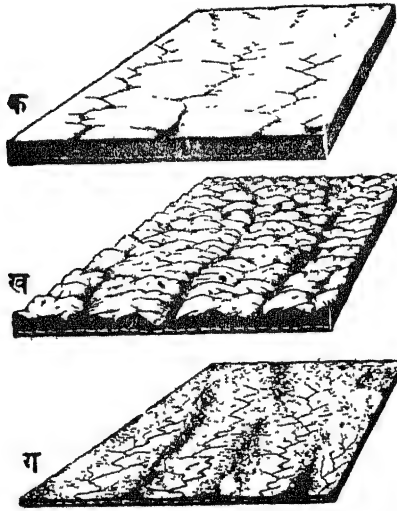
स्थिर रहता है ताकि उस पर अपरदन का चक्र बिना किसी अवरोध के समाप्त हो सके। उपरोक्त अवस्थाओं में सामान्य अपरदन चक्र प्रारम्भ हो जाता है जिससे स्थलखण्ड तरुण, प्रौढ़ एवं जीर्ण अवस्थाओं से होकर गुजरता है। इन विभिन्न अवस्थाओं में स्थलखण्ड पर कौन-सी विशेषताएँ पायी जाती हैं, उनका उल्लेख नीचे किया जा रहा है :

तरुणावस्था (Young Stage)—सर्वप्रथम वर्षा के कारण उत्थित स्थलखण्ड पर उसके ढाल के अनुसार अनुवर्ती नदियों का उदय होता है। प्रारम्भ में इन नदियों की संख्या बहुत ही कम रहती है। साथ ही इसकी लम्बाई भी थोड़ी होती है। इनकी सहायक नदियाँ भी अधिक नहीं होती। इस समय नदियों की अपेक्षा ढालों पर असंख्य अवनालिकाएँ और छोटी-छोटी जल-धाराएँ पायी जाती हैं। ये जल-धाराएँ शीघ्र अपरदन द्वारा अपना विस्तार करती रहती हैं। शनैः-

शनैः प्रमुख नदी अपनी घाटी को गहरा करना प्रारम्भ कर देती है। इसके साथ ही उसकी सहायक नदियों का भी विकास हो जाता है जिससे समूचा अपवाह तन्त्र पादपाकार अपवाह प्रणाली (Dendritic drainage system) का रूप ले लेता है। इस अवस्था में नदियाँ निम्न कटाव (Down cutting) अधिक करती हैं जिससे नदियों की घाटियाँ चौड़ाई की अपेक्षा सकीर्ण और गहरी अधिक होती हैं। ऐसी गहरी और सकीर्ण घाटियों को **गार्ज** अथवा **कैनियन** कहा जाता है। सामान्यतः घाटियों का रूप वी-आकार का होता है।

इस अवस्था में नदियों द्वारा क्षैतिज अपरदन (Lateral erosion) बहुत कम होता है जिससे नदियों के बीच के दोआब तथा जल-विभाजक बहुत अधिक विस्तृत और फैले हुए होते हैं। नदी के मार्ग में प्रतिरोधी शैलों के कारण प्रपात एवं क्षिप्रिकाओं का निर्माण हो जाता है। ये स्थल रूप नदी की तरुणावस्था के अत्यन्त महत्वपूर्ण अंग हैं। चक्र के आगे बढ़ने पर प्रपात और क्षिप्रिकाएँ पीछे हटती जाती हैं। तरुणावस्था के अन्त तक इनका प्रायः लोप हो जाता है। इस समय नदी में उसकी परिवहन शक्ति के अनुसार भार (load) नहीं होता जिससे नदी तीव्र वेग से बहती है। नदी की तली में छेदक यन्त्रों (पत्थर के बड़े-बड़े टुकड़ों) द्वारा जलजगर्तिकाओं (Pot holes) का विकास हो जाता है। नदी अपहरण (River capture) तरुणावस्था की बड़ी ही महत्वपूर्ण घटना है। नदिभ्राँ अपने शीर्ष अपरदन द्वारा अपनी घाटी का विकास कर दूसरी नदियों के जल का अपहरण कर लेती हैं। इस अवस्था में नदियों के बीच के दोआब (interfluvies) काफी चौड़े और नीचे होते हैं। साधारण तौर पर देखने से उनका निर्धारण भी नहीं किया जा सकता। ज्यों-ज्यों नदी घाटी का विकास होता जाता है परवर्ती (subsequent) नदियों का आविर्भाव होता जाता है। इनके विकास से नदियों के बीच के दोआब सकीर्ण होते चले जाते हैं। उनकी चोटियाँ भी सँकरी और नीची हो जाती हैं। धीरे-धीरे घातल की प्रारम्भिक अवस्था के सभी चिह्न लुप्त हो जाते हैं। जब ऐसी अवस्था आती है तो वह अपरदन चक्र की प्रौढ़ावस्था होती है।

प्रौढ़ावस्था (Mature Stage)—ज्योंही कोई नदी तरुणावस्था को छोड़कर प्रौढ़ावस्था में आती है तो उसके साथ स्थलरूपों में अन्तर आ जाता है। इस अवस्था में नदी का ढाल कम



चित्र 330—अपरदन चक्र की क्रमिक अवस्थाएँ (क) तरुणावस्था, (ख) प्रौढ़ावस्था, (ग) जोर्णावस्था

हो जाता है जिससे उसका वेग भी मन्द हो जाता है। घाटी का गहरा कटाव रुक जाता है। इसके स्थान पर पार्श्विक अपरदन बढ़ जाता है। इस समय अपरदन की तुलना में निक्षेप कार्य अधिक महत्वपूर्ण होता है। फलस्वरूप नदियाँ ऊपरी ढाल से ज्यों ही मैदान में उतरती हैं तो ढाल की तल-हटी में जलोढ़ पंख तथा जलोढ़ शंकुओं की रचना होने लगती है। शनैः-शनैः जलोढ़ पंख मिलकर एक पर्वतीय ढालों के नीचे **पर्वत पदीय जलोढ़ मैदान (Piedmont Alluvial Plains)** की रचना कर देते हैं। इस समय क्षैतिज अपरदन की अधिकता से नदियों के बीच के दोआब कटकर सँकरे हो जाते हैं और कटक रूप ले लेते हैं। मुख्य नदी अपरदन द्वारा अपने आधार-तल को पहुँच जाती है जिससे वह क्रमबद्ध (graded) होकर **साम्यावस्था की परिच्छेदिका (Profile of equilibrium)** को ग्रहण कर लेती है। दूसरे शब्दों में, इस समय

नदी के अपरदन और निक्षेप कार्यों के बीच सन्तुलन स्थापित हो जाता है। नदी के क्रमबद्ध वक्र (graded profile) की प्राप्ति के साथ ही उसकी तरणावस्था में विकसित प्रपात एवं झीले घाटी से विलीन हो जाती है। इस समय नदियाँ समतल मैदानों में बड़ी मन्द गति से विसर्पों से होकर बहती हैं। निक्षेप के कारण बाढ़ के मैदानों की रचना होती है। इन मैदानों पर बड़े-बड़े विसर्प तथा विसर्पों की बदलती स्थितियों के कारण छाड़न झीलों का आविर्भाव होता है। नदी तटों पर तलछट के निक्षेप से तट-बाँध बन जाते हैं।

जीर्णावस्था (Old Stage)—जीर्णावस्था में प्रवेश करते ही नदी की सामान्य स्थिति में बड़ा अन्तर उपस्थित हो जाता है। इस समय मुख्य नदी की सहायक नदियों में कमी हो जाती है। मुख्य नदी सहित सभी सहायक नदियाँ आधार-तल को पहुँच जाती हैं। इस अवस्था में निम्न कटाव बिलकुल समाप्त हो जाता है। क्षैतिज अपरदन की प्रधानता रहती है जिससे घाटी पर्याप्त चौड़ी हो जाती है। क्षैतिज अपरदन के साथ-साथ अपक्षय का कार्य भी सक्रिय रहता है। इससे स्थलखण्ड नीचा होता रहता है। नदियों के बीच के दोआबों की ऊँचाई कम हो जाती है और वे निम्न भाग (low regions) में बदल जाते हैं। बाढ़ का मैदान अत्यन्त विस्तृत हो जाता है जिसमें नदियाँ विसर्पों के साथ बड़े धीमे-धीमे बहती हैं। नदी का वेग बहुत कम होता है। अतः उसकी परिवहन शक्ति भी घट जाती है। नदी में भार (load) की मात्रा बहुत रहती है। घटी हुई परिवहन शक्ति के कारण वह समस्त भार को बहा नहीं पाती जिससे निक्षेप बढ़ जाता है। नदी अपने किनारों पर तट-बाँधों का निर्माण करती है। मुहाने पर डेल्टे की रचना होती है। इस अवस्था में समस्त क्षेत्र आधार-तल को पहुँच चुका होता है। प्रतिरोधी शैलों के कुछ भाग अपवाद रूप में सामान्य सतह से ऊपर उठे हुए रहते हैं। इन्हें मोनेडनॉक कहा जाता है। एक स्थल की ऐसी स्थिति आ जाने पर अपरदन चक्र समाप्त हो जाता है।

उपरोक्त वर्णन एक आदर्श चक्र की स्थिति का है जो कदाचित् ही देखा जा सकता है। वस्तुतः कोई भी स्थलखण्ड इतनी लम्बी अवधि तक स्थिर नहीं रह पाता कि उस पर अपरदन का चक्र पूरा हो सके। अनेक कारणों से चक्र के बीच में विक्षेप आ जाते हैं और नदियाँ पुनः-युवन द्वारा पुनः तरणावस्था को प्राप्त हो जाती हैं जिससे दूसरे चक्र का प्रारम्भ हो जाता है। एक आदर्श चक्र की स्थिति केवल कल्पना मात्र ही है।

नदियों का मानव-जीवन पर प्रभाव

संयुक्त राज्य अमरीका में डेलावेयर जल विवाद पर न्यायाधीश होम्स ने निर्णय देते हुए कहा कि “नदी मात्र-सुविधा नहीं है, यह एक निधि है।”¹ यदि हम इस कथन पर विचार करें तो विदित होगा कि होम्स के कथन में कहीं अतिशयोक्ति नहीं है। मनुष्य आदिकाल से इस प्राकृतिक निधि का उपयोग करता रहा है और आज भी यह उतनी ही महत्वपूर्ण है। नदियाँ वस्तुतः मानव के लिए वरदान सिद्ध हुई हैं। मानव जीवन पर इनका कई प्रकार से प्रभाव पड़ता है।

(1) **नदियाँ और सिंचाई**—कृषि के लिए सिंचाई अपरिहार्य है। सिंचाई का महत्त्व शुष्क और अर्द्ध-शुष्क भागों के लिए अधिक है; किन्तु आर्द्र भागों में भी इसकी आवश्यकता होती है। क्योंकि अनियमित और असमान वर्षा, तीव्र वाष्पीकरण और मिट्टी की किस्म आदि कई कारण ऐसे हैं जिससे आर्द्र भागों में भी बिना सिंचाई के भली प्रकार खेती नहीं की जा सकती।

संसार की कुल भूमि के लगभग एक-तिहाई भाग में सफल कृषि के लिए सिंचाई की आवश्यकता होती है। इसमें से बहुत थोड़े भाग में ही सदैव सिंचाई की जा सकती है। बहुत-से स्थानों पर बाँध बनाने के लिए उपयुक्त स्थल के अभाव, ऊबड़-खाबड़ भूमि, क्षारयुक्त अथवा

1 Seeman : *Physical Geography*, p. 295

अनउपजाऊ भूमि, प्राप्त जल की कमी आदि कारणों से सिंचाई नहीं की जा सकती। शुष्क भागों में अधिकांश भूमि उपजाऊ है और उसको उत्पादक बनाने के लिए केवल जल की ही आवश्यकता है।

संसार के सभी देशों में सिंचाई के साधनों में नदियाँ ही प्रमुख हैं। संसार में सर्वत्र सिंचाई के लिए जितना जल उपयोग में लाया जाता है उसका 90 प्रतिशत नदियों द्वारा ही प्राप्त होता है।¹ शुष्क और अर्द्ध-शुष्क भागों में बहने वाली कई नदियाँ निकटवर्ती पहाड़ी क्षेत्रों से आती हैं। ग्रीष्म में बर्फ के पिघलने से इन नदियों में जल की मात्रा बढ़ जाती है। अतः कई देशों में इन नदियों पर बाँध बनाकर इनके जल का कृषि के लिए उपयोग किया जाता है। मिस्र इसका उदाहरण है। मिस्र का समस्त इतिहास ही सिंचाई के कारण है। यही कारण है कि मिस्र को 'नील का दान' (Egypt is the gift of Nile) कहा जाता है।

संसार में सिंचाई बहुत प्राचीन समय से की जाती रही है। मेसोपोटामिया (Mesopotamia) की प्राचीन सभ्यता प्रधानतः विस्तृत सिंचाई व्यवस्था पर ही आधारित थी। इसी प्रकार चीन में शुष्क तथा आर्द्र दोनों ही भागों में विशाल पैमाने पर सिंचाई की जाती है। भारत की सिंचाई-व्यवस्था तो विश्व में अद्वितीय है। यहाँ प्राचीनकाल से ही सिन्धु, गंगा एवं अन्य नदियों द्वारा सिंचाई के सहारे सफल कृषि की जाती रही है। आज भी संसार के कुल सिंचित क्षेत्र का लगभग एक-तिहाई भाग भारत में है। वर्तमान समय में हमारे देश में लगभग 225 लाख हेक्टेयर भूमि में सिंचाई होती है। इसमें से 45 प्रतिशत भाग नहरों द्वारा सिंचा जाता है।

(2) नदियाँ और परिवहन—परिवहन का मानव जीवन के लिए बड़ा महत्त्व है। परिवहन मानव की उन्नति का आधार है। यो परिवहन के रूप में कई साधन काम में लाये जाते हैं किन्तु नदियों का परिवहन के रूप में विशेष महत्त्व है। प्राचीन-काल में जब परिवहन के साधनों का आज की भाँति विकास नहीं हुआ था, नदियाँ ही एक सुलभ साधन थीं। यदि मनुष्य स्थल से यात्रा करता तो उसे मार्ग को साफ करना पड़ता था। किन्तु नदियाँ उसके सम्मुख ऐसे प्राकृतिक मार्ग थे जिनको बनाने के लिए उसे कुछ भी नहीं करना पड़ता था। यह बात आज भी उतनी ही सत्य है। यही कारण है कि परिवहन के साधनों में नदियाँ न केवल सुलभ किन्तु सबसे सस्ता साधन है। उदाहरणस्वरूप, भारत में गौहाटी से कलकत्ता तक ब्रह्मपुत्र नदी के मार्ग से नावों एवं स्टीमरों के द्वारा माल की ढुलाई 6 पैसे से 9 पैसे प्रति टन प्रति मील पड़ती है, जबकि सड़को द्वारा यह ढुलाई 19 पैसे से 36 पैसे और रेलों द्वारा 10 पैसे से 22 पैसे प्रति मील प्रति टन पड़ती है।² फिर नदी मार्ग से माल कलकत्ता 7 दिन में पहुँच जाता है जबकि रेलमार्ग द्वारा 15 से 20 दिन लगते हैं।³ इस कारण विश्व के प्रमुख देशों में रेलों और मोटरों के विकास के विपरीत आज भी नदियों का परिवहन के रूप में उपयोग हो रहा है।⁴

आधुनिक समय में अन्तर्राष्ट्रीय व्यापार की भारी वृद्धि के साथ-साथ नदियों का महत्त्व और भी बढ़ गया है। अतः सभी देशों में नदी मार्गों का आजकल अधिकाधिक उपयोग किया जाता है। यूरोप के देश नदी मार्गों की दृष्टि से अधिक उन्नतिशील हैं। यूरोप में राइन, डैन्यूब, वोल्गा, वेजर, एल्ब, ओडर, सीन, नीपर, लॉयर, रोन आदि सभी नदियाँ परिवहन के अच्छे साधन प्रदान करती हैं। इसी प्रकार संयुक्त राज्य अमेरिका में मिसिसिपी, सेण्ट लॉरेन्स, एशिया में ह्वांगहो,

¹ Seeman : *Physical Geography*, p. 310

² डा० सी० बी० मामोरिया : *आर्थिक और वाणिज्य भूगोल*, पृ० 890

³ वही, पृ० 891¹

⁴ R. K. Mukerjee : *A History of Indian Shipping*, pp. 4-5

यांगटिसीक्यांग, सिन्धु, गंगा, ब्रह्मपुत्र, दक्षिणी अमरीका में अमेजन, पेराणा, पेरावे व ओरीनिको, अफ्रीका में नील, नाइजर, कागो व जेम्बेजी तथा आस्ट्रेलिया में मरे तथा डार्लिंग परिवहन के उत्तम साधन हैं।

(3) नदियाँ और जल-विद्युत—शक्ति के अनेक साधन हैं। इनमें कोयला, पेट्रोलियम और जल-विद्युत प्रमुख हैं। संसार में कोयले और पेट्रोलियम के साधन सीमित हैं। फिर शक्ति के साधनों में जल-शक्ति ही सबसे सस्ती पड़ती है एवं इसका उपयोग उत्पत्ति के स्थानों से काफी दूर किया जा सकता है। अतः आजकल जल-शक्ति ही आर्थिक महत्त्व का एक प्रमुख प्राकृतिक साधन है।

यों तो जल-शक्ति का प्रयोग मानव प्राचीन समय से करता आ रहा है, किन्तु 19वीं शताब्दी में डायनामो एवं टरबाइन के आविष्कार ने जल-शक्ति के विकास को अधिक प्रोत्साहित किया। पिछले 50 वर्षों में जल-विद्युत के विकास ने संसार में एक अभूतपूर्व क्रान्ति पैदा की है।

जल-विद्युत नदियों के जल से प्राप्त की जाती है। समस्त संसार में जल-विद्युत की लगभग 65,70,00,000 अश्व-शक्ति सुरक्षित है। इस राशि का 14½% अफ्रीका में पाया जाता है जिसमें से ½ से 1% तक उपयोग हुआ है। एशिया में विश्व की 22% सुरक्षित मात्रा है, किन्तु विकास 4% का ही हुआ है। उत्तरी अमरीका में सुरक्षित राशि का 13% और यूरोप में 10½% पाया जाता है किन्तु वहाँ विकास क्रमशः 40% और 33% का हुआ है।¹ दक्षिणी अमरीका और आस्ट्रेलिया में जल-विद्युत का बहुत ही कम विकास हुआ है।

आजकल जल-विद्युत का प्रयोग न केवल प्रकाश के लिए ही अपितु सिंचाई करने, खानें खोदने तथा कल-कारखानों में मशीनें चलाने के लिए किया जाता है। कई ऐसे उद्योग जिनमें शक्ति की बहुत आवश्यकता होती है जल-विद्युत ने बड़ी राहत पहुँचायी है, जैसे रासायनिक उद्योग, धातु-शोधन उद्योग, ऐलुमीनियम उद्योग, कृत्रिम रेशे, कागज तथा लुग्दी बनाने आदि के उद्योग। संसार में जल-विद्युत का सबसे अधिक विकास यूरोप एवं उत्तरी अमरीका में हुआ है। व्यक्तिगत रूप से संयुक्त राज्य अमरीका ने अपनी शक्ति का 24%, कनाडा ने 28%, इटली ने 60%, फ्रांस ने 48%, नार्वे ने 53%, स्वीडन ने 27%, स्विट्जरलैंड ने 67%, जर्मनी ने 54%, रूस ने 34% और भारत ने केवल 5% शक्ति का विकास किया है। विश्व के कई देशों, जैसे जापान, कनाडा, नार्वे, स्वीडन, रूस, जर्मनी व फ्रांस, इटली व संयुक्त राज्य अमरीका आदि, ने जल-विद्युत के द्वारा ही अपने यहाँ उद्योग-धन्धों को बढ़ाकर असाधारण आर्थिक विकास किया है।

(4) नदियाँ और बाढ़ के मैदान—सभी नदियाँ अपने दोनों किनारों की निकटवर्ती भूमि पर उपजाऊ मैदान की रचना करती हैं। नदियों में जब बाढ़ आती है तो पानी नदी के किनारों को छोड़कर दूर-दूर तक फैल जाता है। बाढ़ के पानी में बड़ी मात्रा में मिट्टी घुली रहती है। यही मिट्टी बाढ़ के जल के स्थिर हो जाने पर अवसाद के रूप में नीचे जम जाती है। इस प्रकार नदियाँ प्रतिवर्ष अपनी घाटी में बाढ़ के समय नयी मिट्टी लाकर बिछाती रहती हैं जिससे उपजाऊ बाढ़ के मैदान की रचना होती है। सिन्धु-गंगा, ह्वांगहो, यांगटिसीक्यांग, नील, मिसिसिपी, डेन्यूब आदि संसार की बड़ी-बड़ी नदियों की घाटियों में ऐसे मैदान पाये जाते हैं। बाढ़ के मैदानों का विस्तार नदी में वर्षाऋतु में प्राप्त जल की मात्रा पर निर्भर करता है। अतः कई नदियों के बाढ़ के मैदान छोटे होते हैं जबकि कुछ नदियों ने विशाल मैदानों की रचना की है। ये बाढ़ के मैदान कृषि के लिए सर्वोत्तम भाग होते हैं। इन मैदानों में गेहूँ, चावल, कपास, गन्ना, तिलहन आदि अनेक महत्त्वपूर्ण फसलें पैदा की जाती हैं। ये मैदान समतल होते हैं जिससे इन पर न केवल कृषि करना ही सरल होता है, अपितु इन पर परिवहन एवं सिंचाई के साधनों का विकास और बस्तियाँ बसाना

¹ डा० सी० बी० मामोरिया : आर्थिक और वाणिज्य भूगोल, पृष्ठ 675

भी सहज होता है। यही कारण है कि ये मैदान घनी जनसंख्या के क्षेत्र होते हैं। संसार की कुल जनसंख्या का $\frac{1}{10}$ भाग मैदानों में ही रहता है। जनसंख्या का घनत्व भी सर्वाधिक इन मैदानों में ही मिलता है। हमारे देश में कुल जनसंख्या का 39% भाग गंगा एव सतलज के मैदान में ही रहता है। गंगा के मैदान में जनसंख्या का घनत्व 750 व्यक्ति प्रति वर्गमील है। इसी भाँति चीन के लाल नदी के डेल्टे में औसत घनत्व 1000 व्यक्ति प्रति वर्ग मील पाया जाता है।¹ इस प्रकार नदियाँ न केवल मैदानों की रचना करती हैं, वरन् वहाँ पर घनी जनसंख्या को भी जन्म देती हैं। यही कारण है कि नदी-घाटियाँ सभ्यता का पलना (cradle of civilization) कहलाती हैं। संसार की सभी बड़ी सभ्यताओं—चीन की सभ्यता, मिस्र की सभ्यता, सुमेरियन सभ्यता, रोम की सभ्यता और भारत की सभ्यता—का जन्म नदियों द्वारा निर्मित मैदानों में ही हुआ है।

(5) नदियाँ और सीमाएँ—नदियाँ विभिन्न देशों के मध्य एक प्राकृतिक सीमा का कार्य करती हैं। इसी विशेषता के कारण कई देशों के बीच नदियाँ राजनीतिक सीमा बनाती हैं। प्रथम विश्व-युद्ध के उपरान्त फ्रांस और जर्मनी के मध्य राइन नदी को ही सीमा स्वीकार किया गया। इसी प्रकार संसार में अन्य कई राज्यों के बीच नदियाँ ही सीमाएँ बनाती हैं।

नदियाँ कई बार अपना मार्ग बदल देती हैं। अतः सीमा-रेखा के रूप में नदियाँ बहुत अधिक उपयुक्त नहीं कही जा सकती। कभी-कभी नदियों के मार्ग परिवर्तन के कारण महत्वपूर्ण सीमा-विवाद उठ खड़े होते हैं। हमारे देश में असम और पूर्वी पाकिस्तान की सीमा कई जगह नदियों को माना गया है। इन नदियों के मार्ग-परिवर्तन के कारण दोनों देशों के बीच कई बार विवाद उठ चुके हैं।

(6) नदियाँ और पेय-जल—नदियाँ पेय-जल का सबसे बड़ा साधन हैं। संसार के अधिकांश भागों में लोग नदियों द्वारा ही अपनी पेय जल की पूर्ति करते हैं। स्वच्छ पेय-जल की पूर्ति के कारण ही लोग नदियों के किनारे बसते हैं। पेय-जल के अतिरिक्त नदियों से औद्योगिक कार्यों के लिए भी जल प्राप्त होता है। यही कारण है कि कई बड़े औद्योगिक शहर—दिल्ली, कानपुर, कलकत्ता, लन्दन, हेमबर्ग, शघाई आदि—नदियों के किनारे ही बसे हैं।

(7) नदियाँ और बाढ़ें—नदियाँ मानव के लिए एक ओर वरदानस्वरूप हैं तो दूसरी ओर कालस्वरूप भी हैं। नदियों की भयानकता उनमें बाढ़ के समय दृष्टिगोचर होती है। जब नदियों में भीषण बाढ़ आती है तो अपनी घाटी में सर्वत्र ताण्डव-नृत्य उपस्थित कर देती हैं। बाढ़ से अपार धन-जन की क्षति होती है। बाढ़ के समय नदी में अपार जल-राशि उमड़ पड़ती है और उसका वेग बड़ा ही विकराल हो जाता है। फलस्वरूप बाढ़ का जल जिधर भी बह निकलता है, उधर खेतों, सड़कों, पुलों, बाँधों, गाँवों तथा नगरों को नष्ट करता हुआ जाता है। संसार में सबसे अधिक भयानक बाढ़ें चीन की ह्वांगहो नदी में आया करती हैं। इसमें प्रतिवर्ष बाढ़ आया करती है। फलस्वरूप इसे 'चीन का शोक' कहा जाता है। इसमें सबसे भयंकर बाढ़ सन् 1887 में आयी जिसका पानी 50,000 वर्गमील क्षेत्र में फैल गया। इस बाढ़ से लगभग 10 लाख व्यक्ति मारे गये।¹ मिस्रीसिपी, नील, अमेजन, ब्रह्मपुत्र, इरावदी, सिन्धु नदी आदि नदियों में भी भयंकर बाढ़ आया करती हैं। आजकल नदियों की बाढ़ को रोकने के लिए उन पर बाँध बनाये जाते हैं। किन्तु जब कभी ये बाँध किसी कारणवश टूट जाते हैं तो बाढ़ का स्वरूप बड़ा ही भीषण हो जाता है। हमारे देश में उत्तर प्रदेश राज्य के नानकशा बाँध के टूट जाने से जो अकारण ही बाढ़ से हानि हुई वह कल्पनानीत है।

¹ N. Ginsburg : *Pattern of Asia*

² A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 247

30

हवा का कार्य (WORK OF WIND)

हवा भू-पटल पर अनाच्छादन का महत्वपूर्ण साधन है। जिस प्रकार आर्द्र प्रदेशों में वहते हुए जल और उच्च अक्षांशों एवं उच्च पर्वतीय प्रदेशों में चलते हुए हिम का कार्य अत्यन्त प्रभावकारी होता है, उसी प्रकार शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में हवा का प्रभाव होता है।

वायु परिवहन का बहुत बड़ा साधन है। परिवहन की शक्ति से अपरदन और निक्षेप भी होता है अतः ऐसे भागों में जो वनस्पतिहीन हैं और जहाँ भूमि पर असंगठित पदार्थ पाये जाते हैं वायु अपना विनक्षण कार्य करती है। शुष्क ऋतु के पश्चात् जुते हुए खेतों में धूल के बादल उठा करते हैं और शुष्क पुलिन (dry beach) से बालू की धाराएँ उठा करती हैं जो धरातल पर सीधे तौर पर प्रभाव डालती हैं। किन्तु यहाँ यह भी ध्यान देने योग्य बात है कि वायु का मौसम पर भी बहुत अधिक प्रभाव होता है। धरातल पर आर्द्रता का वितरण वायु द्वारा ही होता है। इसी से जल-वर्षा एवं हिम-वर्षा होती है और नदियों तथा हिमनदियों का जन्म होता है। वायु की शक्ति से ही समुद्रों में लहरे उत्पन्न होती हैं। अतः धरातल पर नदियों, हिमनदियों और लहरों के कार्य वस्तुतः वायु के अप्रत्यक्ष कार्य ही हैं। वायु के कारण ऋतु-परिवर्तन होता है जो धरातल के अपक्षय का मूल कारण है।

आर्द्र प्रदेश में वायु का कार्य अदृश्य होता है। समुद्र तटों के अतिरिक्त आर्द्र प्रदेशों में सर्वत्र मिट्टी आर्द्रता के कारण बँधी रहती है। वनस्पति भी भूमि को जकड़े रखती है। इस कारण वायु का अपरदन कार्य आर्द्र भागों में सीमित रहता है। किन्तु शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में वर्षा और वनस्पति के अभाव के कारण धरातल के कण असंगठित और ढीले रहने हैं। फलस्वरूप यहाँ वायु अपना तांडव नृत्य उपस्थित कर देती है। जैसा कि आर्थर होग्स ने कहा है :

“The trials of desert warfare have made it hardly necessary to stress the fact that in arid regions the effects of the wind are unrestrained. The ‘scorching sand-laden breath of the desert’ wages its own war of nerves”

मरुस्थल भू-पटल के विशिष्ट भू-रूप हैं। ये मरुस्थल बालू के विशाल सागर हैं। यहाँ वायु द्वारा सम्पन्न कार्य को देखकर बुद्धि चकित रह जाती है। फिर भी यहाँ की कठोर परिस्थितियों के कारण वायु के कार्य का समुचित ज्ञान नहीं हो सका है। अभी बहुत अधिक खोज और अध्ययन की आवश्यकता है। इस दिशा में जो कुछ ज्ञान हो सका है, वह जे० बाल्टर के उत्तरी अफ्रीका में, पसार्ज के कालाहारी मरुस्थल में और डेविस के उत्तरी अमरीका के मरुस्थल में किये जायेंगे का फल है। अतः मरुस्थली क्षेत्रों के सम्बन्ध में हमारा ज्ञान अत्यन्त सीमित है।

मरुस्थल और उनका विकास

पृथ्वी के धरातल के लगभग एक-तिहाई भाग में मरुस्थलों में अर्द्ध-मरुस्थली दशाएँ पायी जाती हैं, किन्तु इसमें वे ध्रुवीय और उपध्रुवीय भाग सम्मिलित नहीं हैं जो शीत मरुस्थल (Cold Deserts) कहलाते हैं। मरुस्थलों के लिए सबसे प्रमुख बात शुष्कता है जिसका प्रभाव वनस्पति पर होता है। यहाँ वर्षा इतनी कम होती है कि वनस्पति प्रायः नहीं उगने पाती। यहाँ वर्षा का वार्षिक औसत वाष्पीकरण से कम रहता है। इस प्रकार मरुस्थल सीमित वर्षा के सीमित क्षेत्र हैं। संसार में ऐसे शुष्क प्रदेश के दो समूह हैं।

शुष्क प्रदेशों के अन्तर्गत एक वे भाग है जो विषुवत रेखा के दोनों ओर 20° से 30° अक्षांशों के मध्य महाद्वीपों के पश्चिमी भागों में सन्मार्गी पवनो के क्षेत्र में स्थित है। ये उष्ण मरुस्थल कहलाते हैं। इसका सर्वाधिक विस्तार उत्तरी-पश्चिमी और दक्षिणी-पश्चिमी अफ्रीका, पश्चिमी एशिया व पश्चिमी आस्ट्रेलिया में पाया जाता है। इनके अन्तर्गत लीबिया, सहारा, अरब, थार, विक्टोरिया, कालाहारी, आटाकामा और कैलीफोर्निया के मरुस्थल आते हैं। ये मरुस्थल धीरे-धीरे अधिक आर्द्र भाग में विलीन हो जाते हैं। शुष्क प्रदेशों का दूसरा समूह मध्य अक्षांशों में महाद्वीपों के भीतरी भागों में पाया जाता है। ये मुख्यतः उच्च पर्वतीय प्रदेशों के बीच वृष्टिछाया क्षेत्र हैं। इनमें एशिया के गोबी और तुर्किस्तान के मरुस्थल एवं उत्तर अमरीका में कोलोरेडो मरुस्थल मुख्य हैं। इन मरुस्थलों की निम्न विशेषताएँ हैं :

1. वनस्पति का आंशिक अथवा सर्वथा अभाव, 2. वर्षा की न्यूनता, 3. जल का पूर्ण अभाव, 4. भौतिक अपक्षय की तीव्रता।



चित्र 331—राजस्थान के मरुस्थल के एक दृश्य का रेखाचित्र

मरुस्थलों के प्रकार—मरुस्थल भू-पटल के वे शुष्क वनस्पतिहीन क्षेत्र हैं जहाँ नग्न भूमि पर वायु अपरदन, परिवहन और निक्षेपण सम्बन्धी कार्य करती है। वायु के इन कार्यों से निम्न-लिखित पाँच प्रकार के मरुस्थलों का विकास होता है :

(1) **वास्तविक मरुस्थल (True Deserts)**—वे मरुस्थल जिनमें बालू की प्रचुरता पायी जाती है, वास्तविक मरुस्थल कहे जाते हैं। इनको सहारा में *इर्ग* (Erg) और तुर्किस्तान में *कूम* (Koum) कहते हैं। इन मरुस्थलों में बालुका स्तूप पाये जाते हैं।

(2) **पथरीले मरुस्थल (Stony Deserts)**—जिन क्षेत्रों में बालू के विपरीत कोणीय कंकड़-पत्थर अनुप्रस्थ अवस्था में फैले हुए पाये जाते हैं, वे **पथरीले मरुस्थल** कहलाते हैं। ऐसे मरुस्थलों को अल्जीरिया में रेग (Reg) तथा लीबिया व मिस्र में सेरिर (Serir) कहते हैं।

(3) **चट्टानी मरुस्थल (Rock Deserts)**—जिन मरुस्थली भागों में नग्न चट्टानें विस्तृत रूप से फैली हुई पाई जाती हैं वे **चट्टानी मरुस्थल** कहलाते हैं। वायु के सतत प्रहार से यहाँ चट्टानें घिसकर चिकनी हो जाती हैं और उनमें यारदग व ज्यूगेन आदि आकृतियाँ बन जाती हैं। ऐसे मरुस्थलों को सहारा में **हमादा (Hammada)** कहते हैं।

(4) **चट्टानी शीर्ष वाले मरुस्थल (Actual Rock Peak Desert)**—ऐसे मरुस्थलों में शीर्षयुक्त चट्टानी श्रेणियाँ पायी जाती हैं। संसार में ऐसे मरुस्थल बहुत कम हैं। सिनाय प्रदेश की क्योटिक (Choatic), मध्य सहारा की टिबेसी (Tibesi) तथा अहागार (Ahaggar) श्रेणियाँ एवं पश्चिमी अरब और बलोचिस्तान की श्रेणियाँ इसके अच्छे उदाहरण हैं।

(5) **पठारी मरुस्थल (Plateau Desert)**—ऐसे मरुस्थलों में नदियों द्वारा निर्मित गहरी केनियन बहुत पाई जाती हैं। पठार के पार्श्ववर्ती ढाल अत्यन्त तीव्र होते हैं। प्रायः अनाच्छादन के साधन लम्बे समय तक क्रियाशील रहने पर ऊपरी शैलों को काटकर नीचे की कठोर क्षैतिज चट्टानों को छोड़ देते हैं और नवीन पठारी भाग को धारीदार धरातल की तरह छोड़ देते हैं। ऐसे मरुस्थलीय रूप दक्षिणी-पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका के कोलोरेडो, न्यूमेक्सिको, अरीजोना व कैलीफोर्निया में अधिक पाये जाते हैं। जहाँ मरुस्थलीय गर्त चारों ओर पर्वतों से घिरे हों तो उस भू-रूप को **पर्वत और बालसन मरुस्थल (Mountain and Balson Desert)** कहते हैं।

वायु का अपरदन कार्य

(Erosive Work of the Wind)

शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क भागों में वायु अपरदन का शक्तिशाली साधन है। यहाँ वायु का अपरदन कार्य सामुद्रिक अपरदन से अधिक अविरल रूप से और नदियों की अपेक्षाकृत अधिक महत्वपूर्ण होता है। वायु के अपरदन का महत्त्व ए० के० लोबेक के निम्न कथन से और अधिक स्पष्ट हो जाता है—“Under the stimulus of aridity, wind scour becomes an erosive agent, more constant than the rains, more patent than streams and more persistent than the sea.” वस्तुतः मरुस्थलीय प्रदेशों में वर्षा के अभाव, वनस्पति की न्यूनता, तापमान की अधिकता, वाष्पीकरण की तीव्रता, दैनिक तापान्तर का अत्यधिक भेद और मेघरहित आकाश आदि बातों से वायु के अपरदन कार्य को बड़ी सहायता मिलती है। जिस प्रकार बहता हुआ जल कंकड़, पत्थर, बालू एवं जल में घुली हुई मिट्टी की सहायता से अपरदन कार्य करता है, उसी प्रकार वेग से चलती हुई वायु भी बालूकणों अथवा धूल-कंकड़ों की सहायता से महान अपरदन कार्य को सम्पन्न करती है। वायु द्वारा मुख्यतः भौतिक अपरदन होता है, जो निम्न प्रकार से होता है :

1. अपघर्षण (Abrasion)
2. संनिघर्षण (Attrition)
3. अपवाहन (Deflation)

(1) **अपघर्षण (Abrasion)**—वेगपूर्ण वायु में महान शक्ति होती है। इसी शक्ति से वह धूल एवं बालू को सरलतापूर्वक अपने साथ उड़ा ले जाती है। वायु में निहित धूल एवं बालू-कण ही उसके अपरदन के यन्त्र (tools) हैं। बालू में मिले हुए कठोर क्वार्ट्ज के कण अत्यन्त प्रभावशाली होते हैं। इसलिए आँधी के साथ उड़ने वाले बालू के कण चट्टानों पर बड़ा प्रचण्ड प्रहार करते हैं। मार्गन ने भी कहा है कि “Wind corrasion is the work of strong air currents

armed with sand grains.” जिस प्रकार लकड़ी एवं इमारती पत्थरों को घिसने और साफ करने के लिए रेगमाल (sand blast) का प्रयोग किया जाता है, उसी प्रकार वायु के प्राकृतिक रेगमाल का उन सभी पदार्थों पर, जो उसके मार्ग में पड़ते हैं, वही विनाशकारी प्रभाव होता है। इनके प्रभाव से चट्टानें घिसकर चिकनी हो जाती हैं। जो मोटरे वायु द्वारा उड़ायी गयी रेत के विरुद्ध चलती है, उनके सामने वाले कोंच पर खरोच पड़ जाती है और उनका रोगन बालू की रगड़ से साफ हो जाता है। भौतिक अपक्षय द्वारा विलग हुए चट्टानी टुकड़े जो वायु द्वारा उड़ाये



चित्र 332—वायु द्वारा चट्टानों का अपघर्षण और उससे बनी शैल-पीठिकाएँ

नहीं जा सकते, पवनाविमुख दिशा में घिस जाते हैं। इनको तिपहल (ventifacts) कहा जाता है। धरातल के ऊपर बाहर निकली हुई चट्टानों पर इनका प्रभाव बड़ा चयनात्मक (selective) होता है। एक बहुत ही कोमल निर्घर्षण यन्त्र की भाँति बालू के थपेड़े चट्टान की संरचना की प्रत्येक बात को खोदकर बाहर निकाल देते हैं। कठोर कंकड़ और ग्रन्थिका (nodules) अपने कोमल स्थान पर तब तक खड़े रहते हैं जब तक वे गिर नहीं जाते। यदि बाहर निकली हुई चट्टानें भिन्न कठोरता वाली होती हैं तो भिन्न अपघर्षण के कारण उनमें उल्लेखनीय चट्टानें, लम्बी धारियाँ और जालियाँ बन जाती हैं। जिन भागों में समान कठोरता वाली शैलें क्षैतिज रूप से बिछी हुई पायी जाती हैं, वहाँ वायु द्वारा अपरदित मरुस्थलीय पर्श (Desert Pavements) बन जाते हैं। चट्टानों के कमजोर स्थलों पर वायु का तीव्र प्रभाव होता है। चट्टानों की सन्धियों पर प्रहार होने से शृंगनुमा भू-दृश्य उपस्थित हो जाता है। वायु में भारी पदार्थ भूमि के निकट अप्रवाहित होते हैं, अतः ये भूमि से एक-दो फुट ऊपर तक चट्टानों के नीचे से काटते हैं। चट्टानों के नीचे से कटाव के कारण

मरुस्थलों में शैल पीठिका (Rock-pedestal) बन जाती है तथा चट्टानी पहाड़ियों के सामने वाला भाग प्रपाती बन जाता है और उनके आधार पर गुफाएँ बन जाती हैं। चट्टानों पर बालू की मार इतनी तीव्र होती है कि उससे चट्टानें विभिन्न रूपों में बदल जाती हैं। उदाहरणतः, मरुस्थलों में ज्यूगेन, थारदांग, गारा, भू-स्तम्भ, तिपहल, त्रिकोटिका, इन्सेलबर्ग आदि रूप वायु के अपघर्षण का ही फल हैं।

(2) **संनिघर्षण (Attrition)**—वायु द्वारा अप्रवाहित बालू-कण निरन्तर गतिशील रहते हैं। इसका प्रभाव न केवल उस चट्टान पर ही होता है जिनके विरुद्ध वे टकराते हैं, अपितु परस्पर एक-दूसरे कण पर भी होता है। पारस्परिक रगड़ से बालू-कण छोटे, चिकने और गोल होते जाते हैं। बालू-कणों को गोल करने में वायु का अनवरत कार्य बढ़ते हुए जल की अपेक्षाकृत अधिक प्रभावशाली होता है। इसके निम्न कारण हैं—(1) वायु का अधिक वेग, (2) बालू-कणों द्वारा अधिक दूरी तय करना, (3) बालू-कणों का अधिक समय तक परस्पर रगड़ खाना और मरुस्थलों में लम्बे समय तक आगे-पीछे हटते रहना, (4) रक्षा करने वाले जल-कोष का अभाव। वायु की उपरोक्त विशेषताओं के कारण बालू-कण ज्वार के दानों के समान गोल बन जाते हैं। मरुस्थलीय अपरदन का ये मुख्य पदार्थ होते हैं। विस्तृत बालुका मरुस्थलों के ये प्रधान अवयव होते हैं।

(3) **अपवाहन (Deflation)**—‘डिफ्लेशन’ लैटिन शब्द ‘डिफ्लेयर’ से बना है, जिसका अर्थ बहा ले जाने से होता है। इस क्रिया में वायु द्वारा कोई भी शुष्क और असंगठित पदार्थ उड़ा ले जाया जाता है, जिससे भूमि का तल नीचा हो जाता है। धूल के महीन और उम्दा कण वायु में ऊपर रहते हैं और मीलों दूर तक अप्रवाहित होते हैं। इटली एवं दक्षिण फ्रांस और यदाकदा दक्षिणी इंग्लैण्ड में सहारा के लाल-धूल कण उड़ कर जमा होते हैं। बालू-कणों के रूप में भारी पदार्थ ‘धूल की आंधियों’ के साथ आगे बढ़ते हैं जबकि और अधिक भारी पदार्थ सतह के निकट अनेक क्रमों में आगे खिसकता है।

वायु के अपवाहन के फलस्वरूप मिट्टी का कटाव (soil erosion) होता है। वायु द्वारा मिट्टी के कटाव का विलक्षण कार्य पश्चिमी संयुक्त अमेरिका के ‘धूल का कटोरा’ (Dust Bowl) वाले क्षेत्र में देखा जाता है। मरुस्थलों में छोटे एवं बड़े आकार के बने हुए वात गर्त अपवाहन के कारण ही बनते हैं। न्यूमेक्सिको तथा टेक्सास में अन्तरपर्वतीय मैदान, जिन्हें बोलसन (Bolson) कहा जाता है, वायु के अपवाहन के द्वारा ही बने हैं। पसार्ज ने भी पर्वत प्रान्तीय मैदानों (peneplanes) का निर्माण वायु की अपवाहन क्रिया द्वारा ही माना है।

वायु के अपरदन पर प्रभाव डालने वाले कारक

वायु द्वारा किया गया अपरदन कार्य सब स्थानों और समय में एक जैसा नहीं होता। वायु के अपरदन कार्य पर निम्न बातों का प्रभाव पड़ता है :

(1) **वायु के वेग**—वायु द्वारा अपरदन उसके वेग पर निर्भर करता है। वेगपूर्ण वायु में अधिक पदार्थ रहते हैं जिससे अपरदन भी अधिक होता है। वायु का वेग कम होने पर उसमें निहित पदार्थ जमा होने लगते हैं। मन्द वायु केवल हल्के कणों को उड़ा सकती है। तीव्र वायु में भारी बालू-कण उड़ जाते हैं। प्रचण्ड आँधी में तो कंकड़-पत्थर भी उड़ जाते हैं। वायु में मिले हुए बालू-कण और कंकड़ आदि ही अपरदन के साधन होते हैं। इसलिए वायु का वेग जितना अधिक होगा वायु में बालूकणों की मात्रा उतनी ही अधिक होगी। फलस्वरूप अपरदन भी अधिक तीव्र होगा। मरुस्थलों में होने वाला अपरदन अधिकांशतः प्रचण्ड आँधियों के द्वारा ही होता है।

(2) **धूल-कणों का आकार तथा ऊँचाई**—वायु के अपरदन पर धूल-कणों के आकार और ऊँचाई का गहरा प्रभाव पड़ता है। सामान्यतः छोटे आकार के धूल-कण वायु के ऊपरी भाग में

रहते हैं और मोटे कण धरातल के निकट रहते हैं। ऊँचाई के साथ-साथ धूल-कणों की मात्रा भी कम होती जाती है। यही कारण है कि धरातल के निकट अपरदन अधिक होता है। साधारणतः धरातल से एक-दो फुट की ऊँचाई तक अपघर्षण अधिक होता है। तदनन्तर अपघर्षण की मात्रा घटती जाती है। धरातल के निकट अपघर्षण की अधिकता से ही चट्टानों के विभिन्न भू-आकार बन जाते हैं।

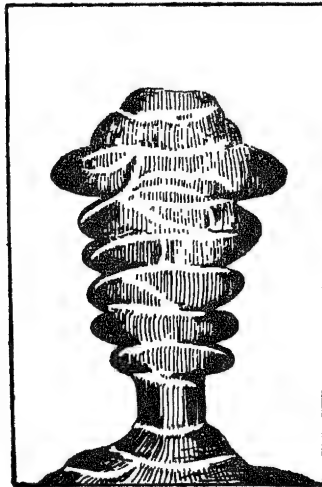
(3) **चट्टानों की संरचना**—मरुस्थलों में वायु द्वारा उड़ायी गयी बालू में क्वार्ट्ज के कण मिले होते हैं। ये अत्यन्त कठोर और तीक्ष्ण धार वाले होते हैं। ये चट्टानों को सरलता से घिस डालते हैं। किन्तु चट्टानों का क्षय उनकी संरचना पर निर्भर करता है। कोमल चट्टाने कठोर चट्टानों की अपेक्षा शीघ्र घिस जाती हैं। सिनाय प्रदेश का अधिकांश धरातल कोमल बलुआ पत्थर से बना हुआ है। कहीं-कहीं उसमें मैंगनीज के समानुस्तरण (concretions) मिलते हैं। अतः वहाँ वायु के दीर्घकाल से होने वाले अपरदन के कारण बलुआ पत्थर घिस गया है परन्तु मैंगनीज के स्तर पहले की भाँति ही मौजूद है। इसी प्रकार लीबिया के दक्षिणी भाग में कोमल चूने का पत्थर है। फलस्वरूप वहाँ वायु के अपरदन से चट्टानें चिकनी और नालीदार बन गयी हैं। इसका उत्तरी भाग बलुआ पत्थर से बना हुआ है जिसको घिसकर वायु ने ऊबड़-खाबड़ बना दिया है। मिस्र की प्रसिद्ध स्फिक्स की मूर्तियाँ भी आँधी के थपेड़ों से बुरी तरह घिस गयी हैं।

(4) **जलवायु**—शुष्क प्रदेशों में होने वाले अपरदन पर जलवायु का भी गहरा प्रभाव देखा जाता है। वहाँ कठोर शैलों के अपरदन में तापमान का परिवर्तन और ओस-कणों की उपस्थिति बड़ी सहायक होती है। सामान्यतः कठोर शैलों में सन्धियाँ होती हैं। तापमान के परिवर्तन से शैलें फलती और सिकुड़ती हैं जिससे अन्त में चटक जाती हैं। इसी प्रकार चट्टानों की सन्धियों में ओस-कणों के जम जाने से उनका आयतन बढ़ जाता है जिससे सन्धियाँ चौड़ी होती हैं और कालान्तर में चट्टान के भारी दबाव से टूट जाती हैं। इस तरह कठोर शैलों की परत नष्ट होती जाती है और चट्टानी टुकड़ों को हवा उड़ा ले जाती है। इस प्रकार वायु का अपरदन चक्र चलता रहता है।

वायु द्वारा अपरदित भू-आकार

वायु के अपरदन कार्य के फलस्वरूप शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में विचित्र भू-आकारों का आविर्भाव हो जाता है। कुछ प्रमुख भू-आकार निम्न हैं :

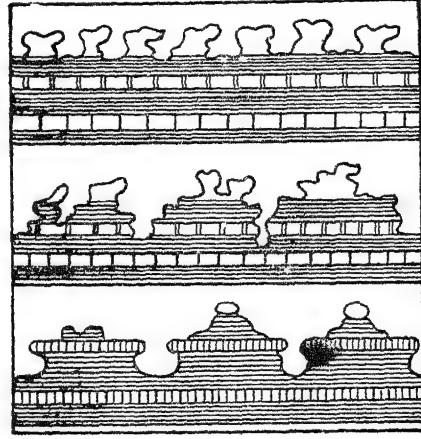
छत्रक या गारा (Mushrooms or Gara)—मरुस्थली प्रदेशों में बालू से लदी हुई हवा



चित्र 333—छत्रक

चट्टानों के निचले भाग को तीव्रता से घिसती रहती है। हवा के इस अपघर्षण से ऊपर उठे हुए चट्टानी भागों में विशेष आकृतियाँ बन जाती हैं। चारों ओर से हवा के सतत प्रहार से चट्टानों का निचला भाग कटकर संकीर्ण हो जाता है और उसके ऊपर का भाग विशाल मेज की भाँति सपाट तथा चौड़ा बना रहता है। कभी-कभी ऊपरी भाग वर्षा के कारण गोलाकार एवं चिकना भी हो जाता है। इस प्रकार ये चट्टानें कुरुरमुत्ता नामक पौधे के सहश प्रतीत होने लगती हैं। ऐसी चट्टानों को छत्रक (Mushroom rocks) कहा जाता है। सहारा मरुस्थल में इन्हें गारा (Gara or Gour) कहते हैं। कहीं-कहीं इन्हें पिल्ज फेसलन (Pilz Felsen) भी कहते हैं।

ज्यूगेन (Zeugen)—जिन मरुस्थली प्रदेशों में कठोर चट्टानों के परत कोमल चट्टानों के ऊपर क्षैतिज (horizontal) रूप में बिछे हुए पाये जाते हैं, वहाँ ज्यूगेन नामक भू-आकार प्रकट होता है। सर्वप्रथम अपक्षय के कारण ऊपरी कठोर चट्टानों की संधे चौड़ी होती है। जब धीरे-धीरे संधे काफी चौड़ी हो जाती हैं तो नीचे की कोमल चट्टानी परत निकल आती है। इस कोमल चट्टानी परत को हवा शीघ्रता से काट देती है, इससे चट्टानों के बीच-बीच में घाटियाँ-सी बन जाती है। इस प्रकार कठोर चट्टानी भाग कोमल चट्टानों के ऊपर टोपी की तरह अवस्थित रहता है। सहारा में चट्टानों की ऐसी आकृतियों को ज्यूगेन (Zeugen) कहा जाता है। ऐसे ज्यूगेन प्रायः अपने निकटवर्ती क्षेत्र से 900 फुट से भी अधिक ऊँचे खड़े होते हैं। हवा के अपघर्षण से धीरे-धीरे इन टेबिल-नुमा चट्टानों के नीचे का भाग पूर्णरूप से घिस जाता है और ऊपर उठा हुआ भाग गिर जाता है जिससे धरातल फिर समतल हो जाता है।



चित्र 334—ज्यूगेन

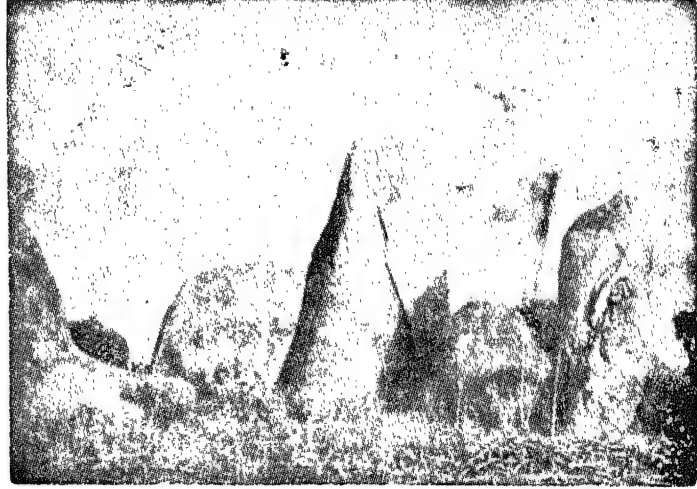
यारदांग (Yardange)—जब कहीं कठोर और कोमल शैलों की पट्टियाँ (bands) प्रचलित हवा की दिशा के अनुरूप फैली हुई पायी जाती हैं तो वहाँ कटक और खाँचें (ridge and furrow) का भू-दृश्य उत्पन्न हो जाता है। वस्तुतः हवा के निरन्तर एक ही दिशा में चलने से कोमल चट्टानें शीघ्र अपरदित हो जाती हैं और कठोर चट्टानें सामान्य धरातल से ऊपर उठी हुई दिखाई पड़ने लगती हैं। हवा के अपघर्षण से कटकों के पवनाभिमुख अग्र सुघड़ एवं गोलाकार तथा उनके शिखर सुई के समान नुकीले बन जाते हैं। ये शिखर संकीर्ण खाँचों (grooves) द्वारा एक-दूसरे से अलग रहते हैं। मध्य एशिया के मरुस्थलों में हवा के अपघर्षण द्वारा निर्मित खगभों की भाँति अधिक कटे हुए और असमान आकार के खड़े किनारों वाले भू-आकार यारदांग (Yardangs) कहलाते हैं। सेवन हैडन ने इन भू-आकारों का वहाँ विस्तृत अध्ययन किया है। वहाँ कटकों (ridges) का अपघर्षण इस विचित्र रूप से हुआ है कि सम्पूर्ण प्रदेश चट्टानी पसलियों की भाँति प्रतीत होता है। इनकी ऊँचाई 20 फुट के लगभग होती है और ये एक-दूसरे के समान्तर होती हैं। इनकी चौड़ाई 40 फुट से लेकर 150 फुट तक होती है। अटाकामा मरुस्थल में भी ऐसे भू-आकार देखे जाते हैं।



चित्र 335—यारदांग

इन्सेलबर्ग (Inselbergs)—शुष्क और अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में जहाँ धरातल पर नग्न चट्टानें बिछी हुई पायी जाती हैं, वहाँ हवा के अपघर्षण (abration) और अपवाहन (deflation) के कारण चट्टानों का बड़ी मात्रा में घिसाव होता है। हवा के इस घिसाव से वहाँ धीरे-धीरे सभी प्रकार के गड्ढे (depressions) नष्ट हो जाते हैं और समूचा प्रदेश एक समतल मैदान में परिणत हो जाता है। केवल कठोर चट्टानें धरातल के ऊपर टीलों के रूप में खड़ी रहती हैं। वस्तुतः ये टीले मरुस्थलों के बीच तीव्र ढाल वाली छोटी-छोटी पहाड़ियाँ हैं, जिनका आकार गुम्बद अथवा पिरामिड के समान

होता है। जर्मन भू-गर्भवेत्ताओं ने कालाहारी मरुस्थल में पाये जाने वाले ऐसे पहाड़ी टीलों को इन्सेल-बर्ग अर्थात् द्विपात्र गिरि नाम दिया है, क्योंकि दूर से ये टीले रेत के विस्तृत सागर में द्वीप के सदृश प्रतीत होते हैं। बैली विलिस (Baily Willis) ने इन टीलों का विस्तृत अध्ययन कर यह बताया है कि ग्रैनाइट से बने टीलों का आकार सदैव गुम्बदाकार होता है। इनके आधार पर ढाल लम्बवत होता है और वहाँ शैल मलबे (talus) का सर्वथा अभाव मिलता है। इन टीलों की आकृति मूलतः चट्टानों की प्रकृति पर निर्भर करती है। उत्तरी नाइजीरिया में समांग (homogenous) ग्रैनाइट चट्टानें अपक्षय और अपरदन के फलस्वरूप गुम्बदाकार रूप की रचना करती हैं। अल्जीरिया के कुछ क्षेत्रों में कठोर लाल पत्थर जिसमें लम्बवत सन्धियाँ पायी जाती हैं, खड़े स्तम्भों की रचना हुई है। इसके विपरीत, कोलोरेडो, ऊटाह और अरीजोना में कठोर और कोमल



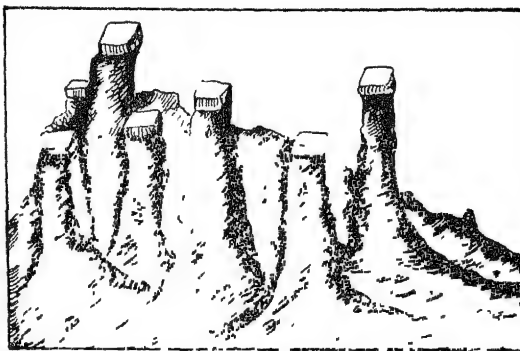
चित्र 336—उत्तरी नाइजीरिया में अँगुलियों की भाँति बने इन्सेलबर्ग

चट्टानों के परत क्षैतिज रूप से बिछे हुए पाये जाते हैं, वहाँ सपाट पहाड़ियों (tabular hills) की रचना हुई है। ये पहाड़ियाँ खड़े ढाल वाली होती हैं। ऐसी छोटे आकार वाली पहाड़ियाँ मेसा या बूटे (Mesa or Buttes) कहलाती हैं।

इन्सेलबर्ग की रचना के सम्बन्ध में कई मत हैं। पसार्ज ने इनकी रचना का मुख्य कारण वायु अपवाहन (wind deflation) को माना है। जर्मन भू-गर्भवेत्ताओं ने इसके विपरीत हवा और बहते हुए जल के क्रमिक अपरदन को ही इसकी रचना का कारण माना है। कुछ विद्वानों ने तो इसे मोनेडनॉक (Monadnock) के समान ही माना है। संसार में ऐसे भू-आकार दक्षिणी अफ्रीका, नाइजीरिया, यूगाण्डा, मोजाम्बिक आदि कई देशों में देखने को मिलते हैं। भारत में रायचूर के निकट 'कूपघाट' में भी ऐसे टीले मिलते हैं।

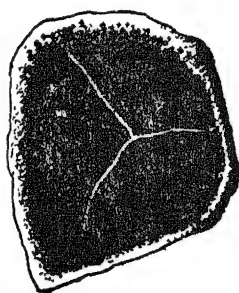
भू-स्तम्भ (Demoiselles or Hoodos)—शुष्क मरुस्थलों में प्रायः ऐसे स्थानों पर भू-स्तम्भों की रचना होती है जहाँ असंगठित मलबे से युक्त चट्टानों के ऊपर कठोर चट्टानें बिछी हुई पायी जाती हैं। यहाँ हवा के सतत् प्रहार और अपवाहन से असंगठित चट्टानें घिस जाती हैं और कई ऊँचे-ऊँचे टीले बन जाते हैं। इन टीलों की रचना में वहाँ होने वाली अनायास भीषण वर्षा का भी बड़ा हाथ रहता है। इस वर्षा से वहाँ अस्थायी जलधारा उत्पन्न हो जाती है। यह जलधारा

यद्यपि बहुत अल्पकालिक होती है फिर भी अत्यधिक शिलचूर्ण और भीषण वेग के कारण वहाँ बड़ी मात्रा में अपरदन करने में सफल होती है। इस प्रकार हवा और जल के सम्मिलित प्रभाव से वहाँ मृत्तिका स्तम्भ (earth pillars) बन जाते हैं। जिन स्तम्भों के शिखर पर कठोर पत्थर रखा हुआ रहता है, उन्हें भू-स्तम्भ (Demoiselles or Hoodos) कहा जाता है। दूरी से देखने पर ये भू-स्तम्भ कटी हुई चिमनी की तरह दिखाई पड़ते हैं इसलिए इन्हें दुर्गीय चिमनी (Castellated Chimmneys) भी कहते हैं।



चित्र 337—भू-स्तम्भ

जालीदार शिला (Stone Lattice)—जब धूलकणों से लदी हुई हवा के मार्ग में विभिन्न विचित्र कठोरता वाली चट्टान आ जाती है तो उसके प्रहार से चट्टान के कोमल भाग कटकर उड़ जाते हैं। फलस्वरूप चट्टान जालीनुमा हो जाती है। इन जालीनुमा चट्टानों को ही जालीदार शिला (Stone lattice) कहते हैं। राँकी पर्वतीय क्षेत्र में बालुका प्रस्तर की जालीदार शिलाओं के दृश्य देखे जाते हैं।



चित्र 338—त्रिकोटिका या तिपहल

त्रिकोटिका या तिपहल (Dreikanter or Ventifacets)—आदिकाल में मनुष्य पत्थर के टुकड़ों को घिसकर विविध प्रकार के गोल व धार वाले शस्त्र बनाया करता था। ठीक उसी प्रकार के पत्थरों की रचना मरुस्थलों में वायु द्वारा होती रहती है। शुष्क मरुस्थलों में और कहीं-कहीं वर्षा वाले प्रदेशों के बालू तटों पर चमकदार एवं निश्चित स्वरूप वाले चट्टानी टुकड़े पाये जाते हैं। इन भागों में बालू से लदी हवा धरती पर बिखरे हुए चट्टानी टुकड़ों पर प्रहार करती है, जिससे वे घिसकर चिकने हो जाते हैं या उनमें खरोचें पड़ जाती हैं। ये पत्थर ऐसे प्रतीत होते हैं जैसे किसी मिस्त्री ने उन्हें छेनी से काट-छाँटकर और घिसकर रख दिया हो। इन पत्थरों के ऊपरी तल चिकने और कई पहल वाले हो जाते हैं। जहाँ दो पहल मिलते हैं वहाँ तीक्ष्ण धार बन जाती है। जिस पहल पर वायु का प्रकोप होता है, उसका आकार नीचे भूमि के पास चौड़ा और ऊपर की ओर पतला होता है। यदि पत्थर के टुकड़े का रुख पलट जाता है या वायु की दिशा बदल जाती है तो उसके तीव्र नुकीले किनारेदार नगीने के पहल बन जाते हैं। इस प्रकार प्रत्येक चट्टानी टुकड़ा कई पहल वाला बन जाता है और उन पर विभिन्न प्रकार की नक्काशी मिलती है। अधिकतर ये टुकड़े लम्बे, दोनों सिरों पर नुकीले और तीन पहल वाले होते हैं। अपूर्व चमक के कारण ये बड़े ही सुन्दर प्रतीत होते हैं। ऐसे चट्टानी टुकड़ों को त्रिकोटिका या तिपहल कहते हैं। ये सहारा मरुस्थल में अधिक पाये जाते हैं।

वायु द्वारा रचित तिपहल न केवल सुन्दर ही होते हैं, वरन् इनका बहुत बड़ा भूतात्विक महत्त्व भी है। इनके द्वारा किसी प्रदेश की पूर्व परिस्थितियों का ज्ञान प्राप्त होता है। उत्तरी-पश्चिमी स्कॉटलैण्ड में वायु द्वारा घिसे हुए चट्टानी टुकड़ों की मोटी परत बिछी हुई पायी जाती

है। वर्तमान समय में वहाँ इतनी अधिक वर्षा होती है और वनस्पति की इतनी प्रचुरता है कि वहाँ वायु द्वारा ऐसे पत्थरों की रचना सम्भव नहीं है किन्तु तिपहल पत्थरों की उपस्थिति इस बात को प्रमाणित करती है कि किसी समय वहाँ की जलवायु अवश्य शुष्क रही होगी जिससे इनकी रचना सम्भव हो सकी।

पुल (Bridge)—जब कभी वायु के मार्ग में ऐसी कोई कोमल चट्टान सामने आ जाती है, जिसमें किसी प्रकार का गर्त-सा हो तो वायु शनैः-शनैः उस गर्त को अधिकाधिक चौड़ा और गहरा करती रहती है। दीर्घकाल तक वायु की इस क्रिया से चट्टान में आरपार छेद हो जाता है। कालान्तर में यह छेद काफी बड़ा हो जाता है जिसे **खिड़की (Window)** कहा जाता है। वायु के निरन्तर अपघर्षण से चट्टान नीचे तक कट जाती है और वह मेहराब का रूप ले लेती है। चट्टानों में प्राकृतिक रूप से बने ऐसे मेहराब को **पुल (Bridge)** कहते हैं।

वात गर्त (Blow out)—उष्ण मरुस्थली भागों में वायु के अपवाहन से यत्र-तत्र चौड़े एवं उथले गर्त बन जाते हैं। ऐसे गर्त पश्चिमी संयुक्त राज्य के धूल का कटोरा (Dust Bowl) वाले क्षेत्र नील घाटी के पश्चिम में चूने के पत्थरों के पठारी भाग पर कालाहारी मरुस्थल, पश्चिमी मरुस्थल और मंगोलिया में देखे जाते हैं। यहाँ पाये जाने वाले गर्त छोटे व बड़े सभी प्रकार के होते हैं। इन गर्तों में सबसे बड़ा सहारा में नील नदी के पश्चिम में **क्वातारा (Quttara)** गर्त है। इसका तल समुद्रतल से 440 फुट नीचा है। एक अन्य फाइयुम गर्त का तल समुद्र से 130 फुट नीचा है किन्तु इसके किनारे 1100 फुट ऊपर उठे हुए हैं।¹

इन वात गर्तों की रचना के सम्बन्ध में कई विद्वानों के कई मत हैं। इन गर्तों के स्थानीय अपवाहन की शुरुआत किस प्रकार हुई यह जानना एक कठिन समस्या है। कुछ विद्वानों का विचार है कि भ्रंशन के कारण गर्त का प्रारम्भ हो सकता है। जब एक बार कठोर चट्टानी धरातल तोड़ दिया जाता है तो वायु उसके नीचे की कोमल चट्टानों को उखाड़ सकती है। जब इस प्रकार एक छोटा वात गर्त बन जाता है तो धीरे-धीरे वह चौड़ा और वायु-भँवर के प्रभाव से गहरा भी होता जाता है। उत्तरी अमरीका के मरुस्थल में पाये जाने वाले छोटे वात गर्त वस्तुतः विभिन्न कठोरता वाली चट्टानों में अपक्षय की भिन्नता के कारण ही बने हैं। इन गर्तों के चारों ओर किनारों पर अधिक कठोर चट्टानें मिलती हैं। कुछ विद्वानों का मत यह भी है कि वहाँ विगत काल में अधिक आर्द्र जलवायु होने से घोल की क्रिया से ऐसे गर्तों का प्रारम्भ हुआ। कुछ गर्त प्रारम्भ में इसी प्रकार बने हैं। कई स्थानों पर इन गर्तों में मरुद्यान (oases) अथवा नमकीन झीलें पायी जाती हैं।

वायु का परिवहन (Transportation by Wind)

वायुमण्डल में लटके हुए समस्त ठोस पदार्थों के लघु कणों को धूल कहते हैं। इस धूल में मृत्तिका के सूक्ष्म कण, धुएँ के कण, फूलों के परागकण, पौधों के बीज, छोटे-छोटे जीवाणु और ज्वालामुखी धूल आदि पदार्थ सम्मिलित रहते हैं। वायुमण्डल सदैव इन धूल-पदार्थों से व्याप्त रहता है। किसी भी आँधी के समय इस धूल को वायु में सरलता से देखा जा सकता है। जिस समय वायु पूर्णरूप से शान्त होती है उस समय भी उसमें धूल विद्यमान रहती है। वस्तुतः वायु सभी प्रकार के हल्के और असंगठित पदार्थों को सरलतापूर्वक उड़ा लेती है। इसलिए जब हवा वेग से चलती है तो गलियों में जुते हुए खेतों और शुष्क धरातल से पर्याप्त मात्रा में धूल हवा में

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 217

एकत्रित हो जाती है। यह वायुमण्डल में पर्याप्त ऊँचाई तक विद्यमान रहती है। वनस्पति से आच्छादित भागों में वायु में बहुत कम धूल रहती है। आर्द्र और हिम से ढके प्रदेशों में तो वायु को कोई धूल प्राप्त ही नहीं होती। आर्द्र तथा वनस्पति एवं हिम से आच्छादित प्रदेशों में मिट्टी के कण सगठित रहते हैं, अतः हवा उन्हें उड़ा नहीं पाती। यही कारण है कि हवा का प्रभाव केवल शुष्क मरुस्थली भागों में ही देखा जाता है।

हवा में परिवहन की अपूर्व शक्ति है। मन्द हवा भी धरातल से शुष्क और ढीले कणों को उड़ा ले जाती है। धूल के हल्के कण वायु में लटक रहे हैं और निलम्बित अवस्था में ही परिवहित होते हैं। जब हवा वेग से चलती है तो वह न केवल बालू-कण बल्कि छोटी गिट्टियों (pebbles) और कंकड़ियों तक को उड़ा ले जाती है। इस प्रकार वायु के वेग और धूलकणों में पारस्परिक सम्बन्ध है। एक मीटर प्रति सेकिण्ड ऊपर उठने वाली हवा 0.1 मिलीमीटर व्यास वाले धूल-कणों को सरलता से उड़ा ले जाती है। इसी प्रकार 3 मीटर प्रति सेकिण्ड ऊपर उठने वाली हवा 1 मिलीमीटर व्यास के धूल कणों को उड़ा ले जाने की शक्ति रखती है। लगभग 50 मील प्रति घण्टा चलने वाली आँधी मटर के आकार की बजरी को उड़ा ले जाती है। विद्वानों ने ऐसा अनुमान लगाया है कि 3 क्यूबिक फुट वायु में 1 औंस धूल-कण उपस्थित होते हैं अर्थात् 1 किलोमीटर वायु में 2500 टन से भी अधिक धूल-कण रहते हैं। टार और मार्टिन के अनुसार, प्रति घन मील वायु में 1,26,000 टन धूल-कण होते हैं।¹ एक अनुमान के अनुसार यदि आँधी का व्यास 300-400 मील हुआ तो वह अपने साथ लगभग 10,00,00,000 टन धूल उड़ा कर ले जा सकेगी। दूसरे शब्दों में, धूल की यह मात्रा इतनी अधिक होगी कि इससे 190 फुट ऊँची और 2 मील चौड़ी एक पहाड़ी का निर्माण हो सकता है।

यद्यपि यह सही है कि आर्द्र प्रदेशों में जलधाराओं द्वारा किये गये अपरदन कार्य की तुलना में मरुस्थलों में वायु द्वारा किया गया अपरदन बहुत ही नगण्य होता है, फिर भी वायु की एक विशेषता जल से बहुत अधिक महत्वपूर्ण है। बहता हुआ जल उच्च प्रदेशों के अपरदित पदार्थों को निचले प्रदेशों में जमा करता है। इस प्रकार उसका प्रभाव जलधाराओं के अपवाह क्षेत्र तक सीमित रहता है। वायु इसके विपरीत धूल को उड़ाकर मरुस्थलों की सीमा से बहुत परे पहुँचा देती है। इंग्लैण्ड में एक बार आँधी के साथ 10,000 टन मिट्टी आकर गिरी जो 2500 मील की दूरी से उड़ाकर लायी गयी थी। यूरोप में इसकी $\frac{1}{4}$ मिलीमीटर मोटी परत जमा हो गयी। यदि यह मात्रा प्रति पाँच वर्ष में गिरती रहे तो अनुमान है कि सौ वर्षों में 5 मिलीमीटर मोटी परत जम जायेगी। पेट्रो नामक विद्वान ने हिसाब लगाकर बताया है कि पिछले 2600 वर्षों में नील नदी के डेल्टे से 2.5 मीटर से अधिक मोटी धूल की परत वायु द्वारा हटायी जा चुकी है। पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका में प्रतिवर्ष हवा 8500 लाख टन बालू 1440 मील दूर तक उड़ा ले जाती है। मिसिसिपी नदी की घाटी में प्रतिवर्ष आँधी द्वारा $\frac{1}{4}$ इंच मोटी मिट्टी की परत जमा की जाती है।²

शुष्क प्रदेशों में वायु अपवाहन का प्रबल साधन है। अपवाहन क्रिया जोते हुए खेतों और कठारी मैदानों में भी खूब होती है। शुष्क प्रदेशों में सड़कों, खेतों और मैदानों से धूल के उठते हुए घने बादलों के कारण मकानों में धूल की जो मोटी परत जम जाती है उससे यह सहज ही अनुमान लगाया जा सकता है कि अपवाहन के कारण किस प्रकार धरातल का पर्याप्त अंश उखड़-

¹ Tarr & Martin : *College Physiography*, p. 70

² A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 380-387

कर स्थान्तरित हो जाता है। सहारा मरुस्थल की आँधियों द्वारा उड़ायी गयी धूल भूमध्यसागर को पार कर बहुधा दक्षिणी यूरोप तक पहुँच जाती है और जब वायु काफी ठण्डी हो जाती है तो यह लाल मिट्टी वर्षा के साथ भूमि पर गिर पड़ती है। इस प्रकार की वर्षा को **रक्त-वर्षा** (Blood rain) कहते हैं। समुद्र में चलने वाले जलयानों के डेक भी इस धूल से भर जाते हैं। लीबिया मरुस्थल से भी इसी प्रकार बड़ी मात्रा में धूल उड़ा करती है। गोबी के मरुस्थल से उड़ने वाली धूल की अधिकांश मात्रा उत्तरी चीन में जाकर निक्षेपित होती है। सैकड़ों वर्षों से इस धूल के उड़कर जमा होने से उत्तरी चीन के मैदान पर लोयस मिट्टी की मोटी परत जमा हो गयी है।

वायु द्वारा धूल का अपवाहन मैदानों में ही नहीं, - समुद्रतटीय भागों में भी खूब होता है। समुद्र-तल की बालू निम्न ज्वार के समय सूख जाती है। वायु बालू के इन सूखे कणों को शनैः-शनैः उड़ाकर तटों से काफी दूर तक हटा देती है। दक्षिणी-पश्चिमी फ्रांस में यह बालू समुद्र-तट से 5 मील भीतर तक जमा की गयी है। सहारा के कई भागों में 100 मील दूर की मिट्टी जमा हो गयी है। हॉलैण्ड तथा क्राइस्ट ने अनुमान लगाया है कि प्रतिवर्ष लगभग 1,30,000 टन नमक के कण कच्छ की खाड़ी से राजस्थान में पहुँचते हैं। भू-वैज्ञानिकों का कथन है कि राजस्थान के थार मरुस्थल से प्रतिवर्ष बड़ी मात्रा में बालू कण आकर पश्चिमी उत्तर प्रदेश में जमा होते जा रहे हैं। यदि यह मात्रा निरन्तर बढ़ती रही तो उत्तर प्रदेश का उपजाऊ मैदान एक दिन मरुस्थल में बदल जायेगा।

वायु में धूल के संचालन के विषय में जो जानकारी प्राप्त है उस आधार पर यह कहा जा सकता है कि भू-पटल के समस्त भू-भाग जो वायु को धूल-कण प्रदान करते हैं, आपस में धूल का आदान-प्रदान कर चुके हैं। उदाहरण के लिए, सन् 1883 के क्राकातोआ ज्वालामुखी उद्गार के समय निकली हुई धूल लगभग 14 दिनों में पूर्णरूप से पृथ्वी के चारों ओर प्रवाहित हुई। कुछ धूल उद्गार से तीन वर्ष बाद तक भी वायु में उपस्थित रही और कुछ धरातल पर स्थिर होने के पूर्व पृथ्वी का कई बार चक्कर लगा चुकी थी। यह धूल पृथ्वी के प्रायः समस्त भागों तक पहुँची थी।

वायु द्वारा निक्षेपण (Deposition by Wind)

बहते हुए जल की भाँति हवा भी अपने अपवाहित पदार्थों का अधिक वहन नहीं कर पाती। हवा की गति मन्द पड़ने पर अपने भार-पदार्थों को उनके भार के अनुसार जगह-जगह छोड़ती चलती है। हवा के मार्ग में अवरोध आ जाने पर भी पदार्थों का निक्षेपण होने लगता है। यह निक्षेपण कभी-कभी अस्थायी होता है जो हवा के दूसरे झोके में पुनः आगे बढ़ जाता है। अधिकांश निक्षेपण स्थायी रहता है। स्थायी निक्षेपण **बायूढ़ निक्षेपण** (aeolin deposits) कहलाता है। यह निक्षेपण पदार्थों के आकार और भार के अनुसार क्रमबद्ध होता है। बालू के भारी कण निकट और बारीक धूल-कण मरुस्थलों से बाहर बहुत दूर निक्षेपित होते हैं। मरुस्थलों के बालू के निक्षेपण से बालू के स्तूप बन जाते हैं। समुद्रतटों अथवा झीलों के समीप बालू-कणों में क्रम रूप से होने वाले निक्षेपण द्वारा धीरे-धीरे परत के परत जमा हो जाते हैं जो कालान्तर में कठोर हो जाने पर **बालुका प्रस्तर** (sand stone) का रूप ले लेते हैं। मरुस्थलों से दूर निक्षेपित धूल से लोयस के मैदानों की रचना हो जाती है। इस प्रकार वायु के निक्षेपण के फलस्वरूप धरातल पर कई रूप बन जाते हैं।

बालुका स्तूप (Sand Dunes)

बालुका स्तूप मरुस्थलीय भू-दृश्य का विशिष्ट रूप है। यह वायु के निक्षेपण का परिणाम है। ये अपने आकार-प्रकार में बहुत भिन्न होते हैं। इनकी रचना पर निम्न बातों का प्रभाव होता है :

(1) **बालू की मात्रा**—बालुका स्तूप की रचना बालू की मात्रा पर निर्भर करती है। जहाँ बालू की प्रचुर मात्रा उपलब्ध होती है, वही इनकी रचना सम्भव होती है। समुद्रतटों एवं बालुका-प्रस्तर वाले क्षेत्रों में अपक्षय के कारण प्रचुर मात्रा में बालू सुलभ हो जाती है। उदाहरणतः, सहारा, कालाहारी, यूटाह और थार मरुस्थलों में इसी कारण बालुका-स्तूप अधिक पाये जाते हैं। इसके विपरीत, नेवादा राज्य में और दक्षिणी लीबिया में चूने की चट्टानों के पाये जाने के कारण बालू का अभाव रहता है। अतः शुष्क जलवायु होते हुए भी वहाँ बालुका-स्तूप नहीं पाये जाते।

(2) **वायु की दिशा और शक्ति**—बालुका-स्तूप के आकार-प्रकार, दिशा और विस्तार पर वायु की दिशा और शक्ति का गहरा प्रभाव होता है। प्रचण्ड रूप से चलने वाली आँधियाँ विशाल स्तूपों का सृजन करती हैं और मन्द पवन से केवल बालू पर ऊँची चिह्न (ripple marks) ही बनकर रह जाते हैं। बालुका-स्तूपों की आकृति का वायु दिशा से घनिष्ठ सम्बन्ध रहता है।

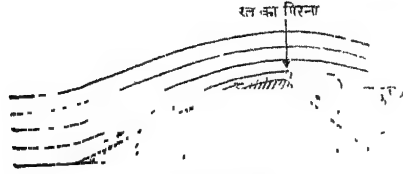
(3) **वायुमार्ग में अवरोध**—बालुका-स्तूप की रचना के लिए बालू से लदी हुई वायु के मार्ग में अवरोध होना आवश्यक है। बालू का संचय अवरोधस्वरूप ही होता है। वृक्ष, झाड़ियाँ, ढूँठ, ऊँची चट्टानें, टीला, मकान, सघन वन और घास के मैदान सब अवरोधक का कार्य करते हैं। यहाँ तक कि बालू का टुकड़ा जो अपने आस-पास के क्षेत्र से ऊँचा होता है, वह भी अवरोध का कार्य करने लगता है।

(4) **बालू-संचय का स्थान**—किसी भी स्थान पर बालू का संचय वायु की गति मन्द पड़ जाने पर होता है। अतः उस स्थान की प्रकृति का उस पर बड़ा प्रभाव होता है। वह स्थान गहरी बालू से ढका है या केवल चट्टानों से, अथवा चट्टानों व कंकड़ मिले हुए पाये जाते हैं। स्थान की प्रकृति बालू के अवरोध के लिए कार्य करती है। अतः बालुका-स्तूप का निर्माण-क्षेत्र काफी विस्तृत और अवरोध वाला होना चाहिए। इनके अतिरिक्त उस स्थान पर अधोभूमि जल की संतृप्तता का तल (level of saturation) काफी गहराई पर होना चाहिए। यदि अधोभूमि जल भूमि पर निकल आया तो वह बालू के निक्षेप और परिवहन को नियन्त्रित करेगा और वहाँ स्तूपों का निर्माण सम्भव नहीं होगा।

बालुका-स्तूप की रचना—बालुका-स्तूप की मरुस्थलीय भू-दृश्य का विशिष्ट भू-आकार है। इनकी रचना किसी स्थान पर बालू के निक्षेप के कारण होती है। रेतीले भागों में वायु द्वारा अप-वाहित बालू-कणों के एकत्रित हो जाने से यत्र-तत्र बालू के टीले बन जाते हैं। अतः वे टीले (mounds) और कटक (ridges) जो वायु द्वारा उड़ाकर लायी हुई बालू से बनते हैं, बालुका-स्तूप (sand dunes) कहलाते हैं। होम्स के अनुसार, “बालू का कोई भी टीला या कटक जिसके शिखर (crest) होता है, बालुका-स्तूप कहलाता है।” बेग्नोल्ड (Bagnold) के अनुसार, “The word ‘dune’ in its true sense should be restricted to barkhans and self dunes. Other features of accumulated sand are known variously as ‘shadows’, ‘drifts’, ‘sheets’, ‘undulations’ and ‘whole-backs’. The term is here used in its more general sense.”

बालुका-स्तूप अपने आकार में कई प्रकार के होते हैं। यदि वे टीलों की आकृति में हैं तो

वे गोल अथवा अण्डाकार हो सकते हैं। किन्तु कुछ स्तूपों की रूपरेखा बड़ी अनियमित होती है। बालुका-स्तूपों की कटके (ridges) छोटी अथवा लम्बी, सीधी अथवा वक्र हो सकती है। इस प्रकार ये कभी पूर्ण स्तूपाकार या चपटे या फैले हुए अथवा अर्द्ध-चन्द्राकार और कभी छोटी पहाड़ियों के रूप में एक-दूसरे से सटे हुए पाये जाते हैं। इस प्रकार इनकी आकृति में व्यापक भिन्नता मिलती है। किन्तु एक आदर्श बालुका-स्तूप में पवनाभिमुख भाग लम्बा एवं मन्द ढाल वाला होता है और प्रतिवाती दिशा अधिक ढाल वाली होती है। वायु की दिशा की ओर वाले ढाल पर बालू आकर जमा होती है और दूसरी ओर खिसक जाती है। इसलिये प्रतिवाती दिशा खिसकने वाली दिशा (slip face) कहलाती है। पवनाभिमुख ढाल पर बालू के कण वायु द्वारा शीर्ष की ओर धकेल दिये जाते हैं जो प्रतिवाती ढाल पर अधिक-कोणिक झकाव के साथ एकत्र हो जाते हैं। प्रतिवाती



ढाल पर बालू के कण जिस कोण पर रुकते हैं वह विश्राम कोण (angle of repose) कहलाता है। विश्राम कोण का झुकाव 20° से 40° तक होता है। यदि वायु निरन्तर एक ही दिशा से चलती रहती है तो स्तूप के दोनों पार्श्वों से वायु की दिशा में दो

चित्र 339—बालुका-स्तूप की निर्माण क्रिया बाहुएँ आगे निकल आती हैं जिससे स्तूप का आकार वायु की विपरीत दिशा से देखने पर अर्द्ध-चन्द्राकार प्रतीत होता है। इस प्रकार के स्तूप को बरखान कहा जाता है। जिन भागों में वायु के चलने की दिशा बदलती रहती है वहाँ स्तूपों का कोई निश्चित आकार नहीं रह पाता। कभी-कभी बालुका-स्तूपों पर उगने वाली वनस्पति भी उनके आकार को अनियमित बना देती है।

बालुका-स्तूपों का आकार-प्रकार और विशालता बालू की प्रचुरता पर निर्भर करती है। जिन प्रदेशों में बालू की अधिकता पायी जाती है और तेज आँधियाँ चला करती हैं उनमें बालुका-स्तूपों की साधारण ऊँचाई 100 फुट तक देखी जाती है। थार मरुस्थल में 50 फुट से 200 फुट ऊँचे स्तूप पाये जाते हैं। अधिक ऊँचे स्तूप थार के पश्चिमी भाग में मिलते हैं। कुछ स्तूप 2 मील तक लम्बे पाये गये हैं। सहारा मरुस्थल में 600 फुट तक ऊँचे स्तूप पाये जाते हैं।

बालुका-स्तूपों का ऊपरी धरातल जल की हिलोरो की भाँति लहरों से युक्त होता है, इन्हें ऊर्म चिह्न (Ripple marks) कहा जाता है। ये देखने में ऐसे प्रतीत होते हैं जैसे किसी तालाब में लहरें उठ रही हों। बालुका-स्तूपों के धरातल की यह विशेषता सब जगह पायी जाती है। ऐसे ही चिह्न उन जलमग्न स्थानों पर भी बन जाते हैं जहाँ पानी छिछला होता है और जल में निरन्तर लहरे आती रहती हैं। गंगा आदि नदियों के बालुकामय तटों पर ऐसे चिह्न ग्रीष्मऋतु में कहीं भी देखे जा सकते हैं। जिन भागों में वायु की दिशा बदलती रहती है उन भागों में ऊर्म चिह्न भी बदलते रहते हैं। ये कभी आड़े, कभी तिरछे और कभी एक-दूसरे को काटते रहते हैं। वायु की दिशा बदलने के साथ ही साथ इनका रूप भी बदल जाता है।

बालुका-स्तूपों के प्रकार

हम बालुका-स्तूपों के उनकी स्थिति और रचना के अनुसार निम्न भेद कर सकते हैं :

(1) **समुद्रतटीय बालुका-स्तूप (Coastal Sand Dunes)**—जिन समुद्रों के निकट बालू तट पाये जाते हैं वहाँ बालुका-स्तूप बनने की सम्भावना रहती है। फ्रांस के पश्चिमी तट पर बिस्के की खाड़ी के समीप 5 मील चौड़ी और 150 मील लम्बी बालू की पट्टी है। इस बालू की पट्टी में 300 फुट तक ऊँचे बालुका-स्तूप पाये जाते हैं। इसी प्रकार हॉलैण्ड तथा बेल्जियम के तट पर भी कम ऊँचे किन्तु लम्बे बालुका-स्तूप मिलते हैं। पूर्वी प्रशा और डेनमार्क में भी ऐसे स्तूप पाये जाते हैं। यहाँ के स्तूप अपनी तीव्र चाल के लिए प्रसिद्ध हैं। उत्तरी अमरीका के पूर्वी तट

पर केप काँड के प्रिंस टाउन से लगाकर फ्लोरिडा तक बालुका-स्तूपों की एक लम्बी शृंखला चली गयी है। वर्जीनिया तट के पास भी बड़े मोहक स्तूप मिलते हैं। भारत में पूर्वी तट के ऊपर बालासोर से पुरी तक बालुका-स्तूपों की भरमार देखी जाती है।

(2) **झीलतटीय बालुका-स्तूप (Lake Sand Dunes)**—कही-कही झीलों के तट पर भी बालुका-स्तूपों का आधिपत्य पाया जाता है। सुपीरियर और मिशीगन झीलों के तटों पर हिम-निक्षेपित बालू पर पछुवा हवाओं के प्रवाह से कई बालुका-स्तूप बन गये हैं। इन स्तूपों में से अधिकांश पर घास तथा वृक्ष उग आये हैं।

(3) **नदीतटीय बालुका-स्तूप (River Bank Dunes)**—अर्द्ध-शुष्क भागों में बहने वाली नदियाँ काफी चौड़ी घाटियाँ बनाती हैं। इन नदियों की घाटियों के बीच में ग्रीष्मऋतु में बालू-युक्त भागों में छोटे-छोटे बालुका-स्तूप बन जाते हैं। स्थान, समय तथा विस्तार की दृष्टि से स्तूप बहुत क्षणिक होते हैं। गंगा नदी में पटना के निकट ग्रीष्मऋतु में इस प्रकार के स्तूप दिखाई पड़ते हैं।

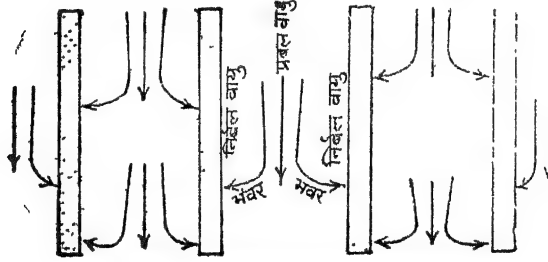
अर्द्ध-शुष्क भागों की अपेक्षा शुष्क भागों में बहने वाली नदियों के तटों पर बालुका-स्तूपों का अधिक विकास होता है। संयुक्त राज्य अमरीका में अरकन्सास और उसकी सहायक नदियों में बालुका-स्तूप बहुत पाये जाते हैं। इसका सर्वाधिक विकास तो कोलम्बिया और स्नेक नदियों की घाटियों में पाया जाता है। यूरोप में उत्तर के आर्द्र भागों में बालुका-स्तूपों का प्रायः अभाव मिलता है, किन्तु दक्षिणी फ्रांस और स्पेन में इनकी प्रचुरता देखी जाती है। गार्डों की घाटी में 30 से 40 फुट और र्वाडलकीवर की घाटी में 100 फुट से भी अधिक ऊँचे बालुका-स्तूप मिलते हैं। दक्षिणी रूस में वोल्गा, डान और नीपर नदियों के किनारे भी ये स्तूप अधिक पाये जाते हैं। पाकिस्तान के सिन्ध प्रान्त में भी ऐसे स्तूप देखने को मिलते हैं।

(4) **मरुस्थलीय बालुका-स्तूप (Desert Sand Dunes)**—विश्व में बालुका-स्तूपों का सर्वाधिक विकास मरुस्थलों में देखा जाता है। यहाँ बालुका-स्तूपों की रचना एक सामान्य घटना है। यहाँ हवा के साथ उड़ते हुए बालू-कणों को रोकने के लिए न तो जल ही है और न वनस्पति ही। फलस्वरूप यहाँ विशाल बालुका-स्तूपों की रचना होती रहती है। किन्तु यह विश्वास कर लेना कि समस्त मरुस्थल बालू एवं बालुका-स्तूपों से ढके हैं, उचित नहीं है। ससार में फैले हुए समस्त मरुस्थलों के लगभग 1/5 भाग में ही बालू की प्रचुरता पायी जाती है। अतः बालुका-स्तूपों का विस्तार भी मरुस्थलों के कुछ ही भागों में मिलता है। बालुका-स्तूपों का सबसे अधिक विस्तार अरब में देखा जाता है। किन्तु यहाँ भी सम्पूर्ण क्षेत्रफल का एक-तिहाई भाग (लगभग 4,00,000 वर्गमील) ही बालू से ढका है। सहारा मरुस्थल का भी नवाँ भाग (3,00,000 वर्गमील) ही अस्थायी बालू से आच्छादित है। मध्य एशिया में बालू के विस्तृत मरुस्थल पश्चिम में सीरिया से लगाकर पूर्व की ओर ईरान, बलोचिस्तान, थार, पूर्वी तुर्किस्तान और मंगोलिया तक फैले हुए हैं। उत्तरी अमरीका में बालुका-स्तूप नेवादा राज्य के ग्रेट बेसिन और कोलोरेडो तथा दक्षिणी कैलिफोर्निया के मोहवा मरुस्थल में अधिक पाये जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में सबसे मुख्य बालुका-स्तूप 500 वर्गमील क्षेत्र में एल्मो गोडों के निकट है जो जवाखार के बने हैं। दक्षिणी अमरीका में अटाकामा मरुस्थल और आस्ट्रेलिया के विक्टोरिया मरुस्थल में भी बालुका-स्तूप पाये जाते हैं।

मरुस्थलीय बालुका-स्तूप अपनी रचना की दृष्टि से निम्न प्रकार के होते हैं :

(क) **अनुप्रस्थ बालुका-स्तूप (Transverse Sand Dunes)**—जब दीर्घकाल तक हवा एक ही दिशा में चलती रहती है तो अनुप्रस्थ बालुका-स्तूपों की रचना होती है। इनका विस्तार वायु की दिशा के लम्बवत होता है। प्रायः ऐसे स्तूप गहरे बालू के प्रदेशों में मन्द वायु द्वारा निर्मित

होते हैं। इनकी आकृति अर्द्ध-चन्द्राकार होती है। इनकी चोटी वायु के वेग की विपरीत दिशा में



चित्र 340—बालुका-स्तूप के मध्य वायु भँवर

करते रहते हैं जिससे इस प्रकार के स्तूप बन जाते हैं। इन स्तूपों की ऊँचाई तथा दो स्तूपों के बीच की दूरी वायु शक्ति तथा बालू कणों की मात्रा पर निर्भर करती है। कभी-कभी ये स्तूप एक-दूसरे से अलग भी रहते हैं जिनके बीच मध्यवर्ती भाग में कुछ वनस्पति उग आती है। ये बालुका-स्तूप शुष्क एवं आर्द्र दोनों प्रकार के भू-भागों में मिलते हैं। नदियों तथा झीलों के तटों पर ऐसे स्तूप अधिक पाये जाते हैं।

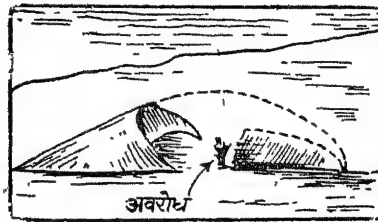
(ख) परवल्यक बालुका-स्तूप (Parabolic Dunes)—जिन स्थानों पर वायु का वेग अधिक होता है वहाँ से बालू को उड़ाकर वायु-प्रवाह के विपरीत मार्ग में जमा कर देने से ऐसे स्तूपों की रचना होती है। ये स्तूप लम्बे तथा परवलयाकार होते हैं। इनका ढाल वायु दिशा की ओर धीमा और प्रतिवाती दिशा की ओर तेज होता है। इन स्तूपों का सम्बन्ध सदैव वनस्पति से रहता है। इन पर बहुधा छोटी-छोटी घास उग आती है। इसलिए इन स्तूपों का आगे खिसकना बन्द हो जाता है। ऐसे स्तूप अधिकतर उन भागों में बनते हैं जहाँ बालू के साथ बारीक मिट्टी के कण रहते हैं।

(ग) अनुदैर्घ्य या समान्तर बालुका-स्तूप (Longitudinal Dunes)—ये स्तूप बालू की प्रचुरता वाले स्थानों में वायु की प्रवाह-दिशा के समान्तर बनते हैं। इनकी आकृति लम्बी पहाड़ी की भाँति होती है। ये पहाड़ियाँ प्रायः समान्तर होती हैं और ढाल जैसी प्रतीत होती है। मरुस्थलों में ये प्रायः कई मील लम्बाई में फैली रहती हैं। बालू के इन स्तूपों को सहारा में सीफ़्स (seifs) कहते हैं। ये स्तूप प्रायः स्थिर होते हैं। ऐसे

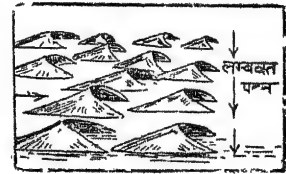


चित्र 341—सीफ़

सीफ़-स्तूपों (seif dunes) की लम्बी कतारें सहारा, लीबिया, दक्षिणी ईराक, थार मरुस्थल और पश्चिमी आस्ट्रेलिया के मरुस्थल में पायी जाती हैं।



(क)



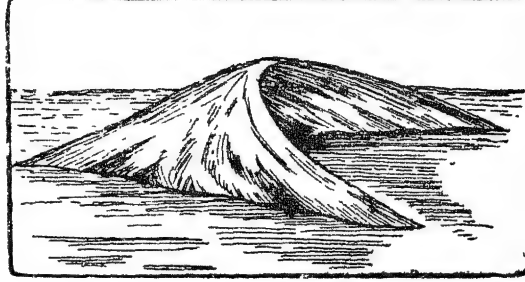
(ख)

चित्र 342—अनुदैर्घ्य बालुका-स्तूप का निर्माण

इन बालुका-स्तूपों की रचना का ठीक-ठीक कारण अभी ज्ञात नहीं है। कुछ विद्वानों का यह मत है कि ये अनुप्रस्थ स्तूपों के ही परिमार्जित रूप हैं। ये बरखान की कतारों के सम्मिलित

हो जाने से बन जाते हैं। सम्भवतः जहाँ नियतवाही पवनों (prevailing winds) के अतिरिक्त अन्य आरपार चलने वाली हवाएँ यदाकदा जब समकोण बनाती हुई चलती है तो वे पूर्ववर्ती बरखान के पीछे के भागों को उड़ा ले जाती है। प्रबल वेग से चलने वाली हवा स्तूपों की कतारों के मध्य निम्न भाग (depressions) में सीधी बहती है और उन्हें बालू से मुक्त रखती है जबकि वायु की भँवरे स्तूप के किनारों को बनाने में मदद करती है। कभी-कभी ये स्तूप स्वतन्त्र रूप से भी बन जाया करते हैं। यदि आरम्भ में बालुका-राशि पौधों द्वारा छोटे-छोटे टीलों के रूप में जमा की गयी हो और उसका फैला हुआ रूप वायु की दिशा के विमुख जा पड़ा हो तब भी ऐसे स्तूप बनेंगे। मानसूनी हवाओं द्वारा भारत के समुद्रतटों पर ऐसे स्तूपों की रचना होती है।

(घ) बरखान (Barkhans)—अर्द्ध-चन्द्राकार अथवा धन्वाकार स्तूपों को बरखान कहते हैं। ये स्तूप तुर्किस्तान में अधिक मिलते हैं। इन स्तूपों में उपरोक्त दोनों प्रकार के स्तूपों की विशेषता पायी जाती है। ये स्तूप हवा की अनुप्रस्थ दिशा में पाये जाते हैं। इन स्तूपों के किनारों पर बहुत कम पदार्थ हटाने को रहता है, अतः हवा की दिशा में इन स्तूपों के सींग निकल आते हैं। तुर्किस्तान में ऋतु के अनुसार हवा



चित्र 343—बरखान

बदलती रहती है। यहाँ हवा कभी उत्तर से और कभी दक्षिण से चलती है। हवा की दिशा के परिवर्तन के साथ ये स्तूप भी बदल जाते हैं। इन स्तूपों के सींग इधर-उधर होते रहते हैं।

बरखान 100 मील तक लम्बे और 600 फुट ऊँचे पाये जाते हैं। पवनाभिमुख दिशा में इनका ढाल मन्द तथा प्रतिवाती खिसकने वाली दिशा (slip face) में तीव्र होता है। प्रतिवाती ढाल अवतल (concave) आकार का होता है क्योंकि वायु की पिछली भँवर इसमें खोह बनाती रहती है। इन्हें मूल स्तूपों का परिवर्तित रूप समझा जा सकता है। इनका निर्माण साधारण बालुका राशि में मध्यम वेग वाली वायु द्वारा होता है।

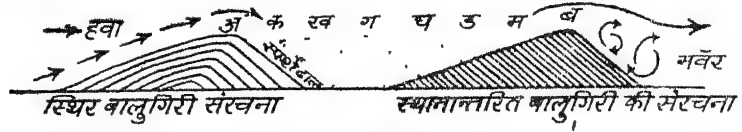
कई अन्य भू-आकारों के समान बरखान के सम्बन्ध में भी मूल समस्या उनके प्रारम्भ होने की है, क्योंकि इनका निर्माण बहुत बड़ी बाधाओं (obstacles) से सम्बन्धित नहीं है। इनका निर्माण खुले और समतल भागों में देखा जाता है। सम्भवतः कंकड़ों अथवा यकायक वायु दिशा में परिवर्तन से बालू का छोटा ढेर बनने लग जाता है जिससे बरखान जैसे आकार का निर्माण हो जाता है। इस प्रकार इनका प्रारम्भ बहुत ही लघु रूप में होता है। ये सन्तुलित ऊँचाई तक विकसित होते हैं और स्थान्तरित होने पर अर्द्ध-चन्द्राकार रूप धारण कर लेते हैं। वायु इनके आधार पर के बालू-कणों को उड़ाकर शीर्ष तक ले जाती है और विमुख भाग में निक्षेपित करती रहती है। इस प्रकार एक-एक कण करके स्तूप विमुख दिशा में हटा दिया जाता है। निरन्तर एक ही दिशा से बहने वाली हवा ऊँचे मध्यवर्ती भाग की अपेक्षा दोनों बगलों को अधिक तेजी से आगे बढ़ाती है। अतः बरखान का रूप अर्द्ध-चन्द्र के समान प्रतीत होने लगता है। साधारणतः अधिक ऊँची चोटी वाले बरखान को ओघर्ड (Oghurd) कहा जाता है। अर्द्ध-विकसित बरखान सहारा में सीफ (Seif) कहलाते हैं।

बरखान यदाकदा विगलित (isolated) पहाड़ी के रूप में मिलते हैं किन्तु अधिकांशतः ये झुण्ड में मिलते हैं। कभी-कभी ये एकसी कतार में पाये जाते हैं और कभी-कभी बिना क्रम के इधर-उधर फैले हुए मिलते हैं। जहाँ कहीं मरुस्थलो में बरखान बिना क्रम के फैले होते हैं तो उन्हें

पार करना बड़ा कठिन होता है। इनके बीच में लम्बे मार्गों का पाया जाना सम्भव होता है। सहारा मरुस्थल में बरखानों के मध्य पाये जाने वाले ऐसे मार्गों को **गासी (gassi)** कहा जाता है। ये स्थायी कारवाँ मार्ग होते हैं।

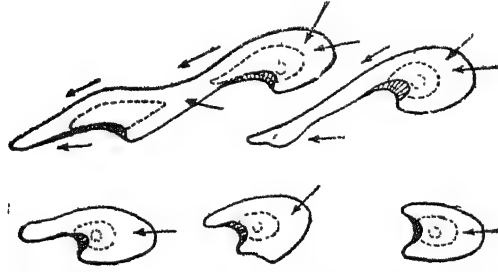
बालुका-स्तूपों का स्थानान्तरण (Migration of Sand Dunes)

बालुका-स्तूपों की बालू जब तक स्वतन्त्रतापूर्वक उड़ सकती है तब तक स्तूप कभी भी



चित्र 344

स्थिर नहीं रह पाते। आंधी के वेग से न केवल नये धूल-कण ही उड़ते हैं वरन् स्तूपों के ढाल की बालू भी सरक-सरक कर आगे बढ़ती जाती है और शिखर पर पहुँचकर दूसरी ओर के ढाल पर गिर जाती है। इस प्रकार स्तूप का एक ओर का पदार्थ शनैः-शनैः दूसरी ओर पहुँचकर जमा हो जाता है। साथ ही साथ आंधी के वेग के साथ शिखर भी आंधी चलने की दिशा



में थोड़ा आगे बढ़ जाता है। धीरे-धीरे सम्पूर्ण स्तूप ही अपने स्थान से आगे बढ़ जाता है। सारी क्रिया इतनी धीरे-धीरे और क्रमानुसार होती है कि यदि आंधी का वेग और मार्ग निश्चित रहा तो स्तूप का आगे बढ़ना मालूम भी नहीं पड़ता। परन्तु किसी प्रदेश का निरन्तर निरीक्षण करने से तुरन्त ज्ञात हो जाता है कि

चित्र 345—वायु-दिशा एवं आड़े स्तूपों का पलायन बालुका-स्तूप कितनी शीघ्रता से कितने आगे बढ़ गये हैं। अनुमान लगाया गया है कि तेज वायु के साथ बड़े बालुका-स्तूप वर्ष भर में लगभग 20-25 फुट आगे बढ़ पाते हैं, जबकि छोटे-छोटे स्तूप 50 से 100 फुट तक आगे बढ़ जाते हैं।

स्तूपों की यात्रा तभी समाप्त होती है जब उसके पथ में कोई ऐसी बाधा उपस्थित हो जो आंधी के वेग को रोक सके और इस प्रकार बालू को गतिविहीन करके आगे बढ़ने से रोके। ऐसी बाधाएँ अधिकतर वृक्षादि की पंक्तियाँ तथा वनस्पति से ढकी भूमि होती हैं। समुद्रतट से बालुका-स्तूपों की पंक्तियाँ स्थल की ओर बढ़ते-बढ़ते नीची भूमि को पाटती चली जाती हैं। जब इन टीलों की बालू में घास आदि उगकर बालू को स्थिर कर देती है तभी उनकी यात्रा समाप्त होती है, अन्यथा बालू के ये टीले खेत, मैदान, जंगल और गाँव तक को ढकते आगे बढ़ते चले जाते हैं। इनका प्रकोप जल धाराओं को बाढ़ से किसी भी प्रकार कम नहीं होता। केवल इतना अन्तर होता है कि इनकी यात्रा की गति मन्द होती है। फ्रांस तथा अन्य यूरोपीय प्रदेशों में समुद्रतट की ओर से बढ़ने वाले बालुका-स्तूपों की पंक्तियों से अनेक बार खेती-बाड़ी नष्ट हो चुकी है। साथ ही साथ सहस्रो गाँव और घने वन भी बालू मग्न हो गये हैं। बिस्के की खाड़ी के तट तथा बाल्टिक सागर के तटवर्ती प्रदेशों में इस प्रकोप से रक्षा करने के लिए घने और ऊँचे वृक्षों की पंक्तियाँ लगायी गयी हैं। प्राचीन काल के चेल्डीया और बेबीलोन के कई विख्यात नगर तथा मोहनजोदड़ो की सभ्यता के नष्ट हो जाने का कारण बालू की बाढ़ ही मानी जाती है। पूर्वी प्रशा के किनारे स्थित कुंजेन नगर सन् 1800 के प्रारम्भिक काल में एक इसी प्रकार की बालू की बाढ़ से दब गया था जो 60

वर्ष पश्चात् पुनः बालू के आगे बढ़ने से निकल सका। कहना न होगा कि बालू की बाढ़ जल से भी अधिक भयानक होती है। जो प्रदेश जलधाराओं की बाढ़ से मग्न हो जाते हैं, थोड़े समय पश्चात् वे फिर स्वतन्त्र हो जाते हैं। परन्तु बालू के प्रकोप से नष्ट होने वाले प्रदेश की भूमि सदैव के लिए नष्ट हो जाती है। बालूका-स्तूपों की बाढ़ बहुत धीमी होती है। बिस्के की खाड़ी इस प्रकार की बाढ़ के लिए प्रसिद्ध है। यहाँ पर लगभग 150 मील लम्बी और 6 मील चौड़ी भूमि की पट्टी बालुकामय है। इस प्रदेश से टीलो की यात्रा आरम्भ होती है और स्थल की ओर चलती है। इसकी गति अधिक से अधिक 100 फुट प्रतिवर्ष तक होती है। टीलों के आने के पूर्व ही बालू के कण आकर भूमि को ढकना आरम्भ कर देते हैं, जिससे खेतीवाड़ी नष्ट हो जाना आरम्भ हो जाती है। टीलो के आने के पूर्व ही भूमि पर बालू की मोटी तह जम जाती है। उत्तर प्रदेश के पश्चिमी प्रदेश में आजकल प्रतिवर्ष आंधियाँ राजस्थान के मरुस्थलों से बालू ला-लाकर जमा कर रही हैं। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि थार का मरुस्थल प्रतिवर्ष आधे मील की रफ्तार से पिछले 50 वर्षों से बहावलपुर व फिरोजपुर रियासतों से होता हुआ पूर्वी पंजाब और पश्चिमी उत्तर प्रदेश की ओर बढ़ रहा है। यह अन्देश है कि कालान्तर में पश्चिमी उत्तर प्रदेश की भूमि पर बालू की इतनी मोटी तह हो जायगी कि धीरे-धीरे यह भूमि भी मरुस्थलीय हो जायगी।

फ्रांस के लैण्ड्स (Landes) प्रदेश में बालुका-स्तूपों की बाढ़ से अनेक गाँव नष्ट हो चुके हैं। यहाँ के लेज (Lege) नामक स्थान पर बालू का प्रकोप होने से लोगो ने एक गिरजाघर को नष्ट होने से बचाने के लिए सत्रहवीं शताब्दी में उसे पुराने स्थान से हटाकर ढाई मील स्थल की ओर बनाया। सौ वर्ष उपरान्त उनको उसे यहाँ से भी हटाना पड़ा, क्योंकि बालू यहाँ पर अपने टीले बनाने लगी थी।

कई बालुका-स्तूप गतिहीन भी होते हैं। ऐसे स्तूपों से ऊपर की बालू बहुत कम उड़ती है। वर्षा-जल इन स्तूपों के भीतर प्रवेश कर बालू को नम बना देता है जिससे बालू-कणों में स्थिरता आ जाती है, या घास एवं झाड़ियों के उग आने से ये स्तूप स्थिर हो जाते हैं। निब्रास्का में 18,000 वर्गमील में फैली बालू की पहाड़ी एक ऐसा ही स्थिर स्तूप है। यह वनस्पति से आच्छादित तो कम है परन्तु इसमें मीलो लम्बी-लम्बी तराइयाँ पायी जाती हैं। अटोकामा, पीरू, आस्ट्रेलिया के मरुस्थल, बरमुडा एवं प्रशान्त महासागर के अन्य कई द्वीपों में स्थिर बालुका-स्तूपों (fixed sand dunes) का विकास देखा जाता है।

बालुका-स्तूपों की उपयोगिता—यद्यपि अधिकांशतः बालुका-स्तूपों का कार्य विनाशक ही होता है, तथापि ये मानव के लिए उपयोगी भी सिद्ध होते हैं। बालू वर्षा के जल को सोख लेती है। अतः मरुस्थलों में अति अल्प-वर्षा होते हुए भी बालुका-स्तूपों में समाये हुए जल के कारण भूमिगत जल-तल (water table) ऊपर उठ जाता है और स्तूपों के आकार की रेखा के समान्तर ऊँचा-नीचा रहता है। फलस्वरूप कहीं-कहीं थोड़ी-सी भूमि खोदने पर ही प्रचुर मात्रा में जल उपलब्ध हो जाता है। ऐसे स्थानों पर मरुद्यान (Oasis) बन जाते हैं जो मानव आवास के अच्छे स्थान होते हैं।

लोयस (Loess)

मरुस्थलों से प्रतिवर्ष बड़ी मात्रा में धूल वायु द्वारा उड़ाकर ले जायी जाती है। ससार के विभिन्न भागों में इस धूल के विस्तृत निक्षेप पाये जाते हैं। मरुस्थली क्षेत्रों के बाहर, वायु द्वारा अपवाहित इस अति सूक्ष्म कणीय धूल के वृहत् निक्षेपों को ही लोयस कहते हैं। होम्स के अनुसार, "Loess is an accumulation of wind-borne dust and silt, washed down from air by rain and retained by the protective grip of the grasses." इस प्रकार यदि संक्षेप में कहें तो लोयस एक प्रकार का विशिष्ट वायुदूध निक्षेपण है। सर्वप्रथम रिचथोफन (Richthofen) ने उत्तरी चीन का अध्ययन कर इसका पता लगाया था। वैसे इस निक्षेपण का यह नाम जर्मनी के

भल्सेस प्रान्त के लोयस गाँव के आधार पर पड़ा है। वहाँ ऐसी मिट्टी का प्रचुर निक्षेप पाया जाता है।

लोयस एक पीली अथवा हल्के भूरे रंग की मिट्टी है। इसके कण बालू-कणों से छोटे किन्तु मृत्तिका से बड़े होते हैं। यह जल में सरलता से घुल जाती है। यह पूर्णतः सरन्ध्र होती है। इस मिट्टी में तहें नहीं पायी जाती। इसके विपरीत यह ढेर के रूप में मिलती है। यह विभिन्न मोटाई की ढीली-ढीली राशि होती है। उत्पत्ति की भिन्नता के अनुसार इसकी रासायनिक रचना भी भिन्न होती है। सामान्यतः इसकी रचना सिलिका, फेल्सपार, अभ्रक, क्वार्ट्ज, कैल्साइट, ऐलुमीनियम व मृत्तिका के कणों से होती है। इस मिट्टी में स्थलीय जीवों के अवशेष पाये जाते हैं।

लोयस के निक्षेप ऊँचे-नीचे सभी स्थानों पर मिलते हैं। इसमें तहों के अभाव के कारण लम्बी खड़ी नलिकाएँ बनी हुई देखी जाती हैं। इसमें खड़ी पतली नलिकाएँ समय-समय पर दब जाने वाले वृक्ष के तनों और जड़ों के चिह्न-सी लगती हैं। ढीली होने के कारण इस मिट्टी को नदियाँ सरलता से काट देती हैं। अतः इसमें गहरी घाटियाँ होती हैं। घाटियों के पार्श्व में ऊँचे-ऊँचे खड़े कगार पाये जाते हैं। इसमें कई नलिकाएँ काफी गहराई पर पायी जाती हैं जो यह प्रमाणित करती हैं कि वनस्पतियों के समाप्त होने पर भी वायु द्वारा अपवाहित कण इसमें निक्षेपित होते रहे हैं।

यद्यपि लोयस का निक्षेपण आस्ट्रेलिया व न्यूजीलैण्ड में भी पाया जाता है परन्तु इसका अधिकांश निक्षेपण उत्तरी गोलार्द्ध में ही देखा जाता है।

एशिया में लोयस का निक्षेप—एशिया में लोयस का निक्षेप चीन में देखा जाता है। यहाँ लगभग 2,30,000 वर्गमील क्षेत्र में लोयस मिट्टी पायी जाती है। यहाँ इसकी तहें सैकड़ों फुट गहरी हैं। कहीं-कहीं इसकी गहराई 1000 से 2000 फुट तक है। जलधाराओं द्वारा इसमें सैकड़ों गहरे दरों की रचना हो गयी है। इसी मिट्टी को बहाने के कारण चीन की ह्वांगहो नदी का नाम पीली नदी पड़ गया है। जिस सागर में यह पीली नदी अपना अवसाद जमा करती है उसका नाम भी पीला सागर (Yellow Sea) है। मध्य एशिया के गोबी मरुस्थल से चलने वाली ओंघियाँ शताब्दियों से इस धूल को अपने साथ उड़ाकर लाती रही हैं और इस प्रदेश को पाटती रही हैं। चीन की लोयस मिट्टी में यूरोप तथा अमरीका की लोयस मिट्टी के मूल स्थानों से भिन्नता होते हुए भी रचना-विधि की अपूर्व समानता ध्यान देने योग्य है। चीन की बहुत-सी उपजाऊ धरती इसी लोयस मिट्टी के द्वारा बनी हैं। इसी मिट्टी में कँगारों के कटान में नैसर्गिक कन्दराओं की अपूर्व रचना हो गयी है। चीन के सहस्रों निर्धन कृषक इन्हीं कन्दराओं में अपना घर बनाकर रहते हैं। यह मिट्टी बहुत उपजाऊ होती है अतः इसमें थोड़ा पानी मिलते ही उत्तम कृषि की जा सकती है। यही कारण है कि पिछले 4000 वर्षों से चीनी किसान इस मिट्टी में खेती करता रहा है।

यूरोप में लोयस का निक्षेप—यूरोप में आन्तर शुष्क-काल एवं हिम-काल के बाद महा-द्वीपीय हिम-परतों के द्वारा असंगठित रूप में छोड़े गये बालू और चीका के कणों को उड़ाकर अन्यत्र जमा कर दिया गया। अतः यहाँ लोयस का प्रयोग हिम-काल में वायु द्वारा निक्षेपित उम्दा धूल के लिए किया जाता है। यहाँ इसके निक्षेप मध्य यूरोप की उच्च भूमि के उत्तर में जर्मनी, उत्तरी-पूर्वी बेल्जियम और फ्रांस में पाये जाते हैं। फ्रांस एवं बेल्जियम में इस निक्षेप को लिमोन (Limon) कहा जाता है। यहाँ इसकी उत्पत्ति के सम्बन्ध में कुछ मतभेद हैं क्योंकि नदियों ने इसका पुनः अपने उत्तलों पर निक्षेप किया है। इसका निक्षेप 5000 फुट की ऊँचाई तक सर्वत्र मिलता है। यह बाल्टिक सागर के अन्तिम हिमोढ़ के पश्चिम और दक्षिण में मिलती है। यह क्षेत्र अन्तिम हिमावरण क्षेत्र की सीमा के बाहर है। इस प्रकार यह सम्भव है कि जल ने पुनः इसका वितरण किया हो, किन्तु वायु ने ही इसके वितरण में प्रमुख भाग लिया होगा।

अमरीका में लोयस के निक्षेप—यहाँ लोयस से बहुत अधिक मिलते-जुलते वायु द्वारा अपवाहित धूल के मोटे निक्षेप पश्चिमी राज्यों में मिसौरी और मिसीसिपी नदियों की घाटियों में पाये जाते हैं। यहाँ इन निक्षेपों को **एडोबी (Adobe)** कहते हैं। इसका प्रारम्भ में बहते हुए जल द्वारा निक्षेपण हुआ है। मिसीसिपी की घाटी के कुछ भाग बड़े मैदान (great plain) से आये हुए धूल-कणों से बने हैं। इनका विस्तार 2,30,000 वर्गमील क्षेत्र में है। नदियों के किनारे ये सैकड़ों फुट मोटी तहों के रूप में पाये जाते हैं। यहाँ लोयस के निक्षेप का दूसरा बड़ा क्षेत्र निब्रास्का तथा कन्सास से प्रारम्भ होकर मिसौरी तथा आईयोवा तक फैला हुआ है। यहाँ धूल-कण कोलोरेडो, बाइमोग एवं अन्य पश्चिमी राज्यों से आकर निक्षेपित होते हैं। पूर्वी आईयोवा में इसके निक्षेप की 10-12 फुट मोटी तहें पायी जाती हैं जो अनुमानतः प्राचीन हिमनदी द्वारा निर्मित झीलों में निक्षेपित हुई हैं। विसकान्सिन और इलीनियोस में भी ऐसे ही निक्षेप मिलते हैं।

उपरोक्त महाद्वीपों के अतिरिक्त दक्षिणी अमरीका के पम्पाज के मैदान और न्यूजीलैण्ड के दक्षिणी द्वीपों में भी इसी प्रकार के निक्षेपों का होना माना गया है।

लोयस प्रदेश में अपरदन-चक्र—लोयस की युवावस्था में उच्च भूमि में प्राकृतिक कुएँ एवं गड्ढर पाये जाते हैं। ये गड्ढर प्रायः नदियों, प्रपाती खड्डों और अवनालिकाओं (gullies) के किनारों पर ही मिलते हैं। यहाँ सतही जल रन्ध्रों द्वारा नीचे प्रवेश कर जाता है जिससे लोयस **कुआँ (Loess well)** का निर्माण हो जाता है। यहाँ कई अवनालिकाएँ भूमि के अन्दर होती हैं जो काफी लम्बी होती हैं। ये नदियों की घाटियों तक फैली रहती हैं। ये एक प्रकार से सुरगों (tunnels) की भाँति प्रतीत होती हैं। साधारणतः प्रपाती खण्डों के किनारों पर लोयस नली (loess pipe), नलिकाएँ (tubes), कुएँ (wells), गड्ढर (sinks) एवं पुल (bridges) पाये जाते हैं। नदियों द्वारा जल-विभाजकों के अपरदन से प्रोढ़ता आती जाती है। इन जल-विभाजकों को लोयस भित्ति (loess dikes) कहते हैं। इनके कटने से समस्त भूमि उत्खात भूमि (bad land) में परिणत हो जाती है। ये आवागमन के मार्गों का काम देते हैं। वृद्धावस्था में यहाँ बहने वाली नदियाँ चौरस तल वाली घाटियों की रचना करती हैं। साथ ही यहाँ अनेक लोयस की शिखरिकाएँ (pinnacles) विकसित होती हैं। ये नुकीली अथवा शंकुवत कई आकारों की होती हैं। इन शिखरिकाओं को घाटियाँ पृथक् करती हैं।

शुष्क प्रदेशों में जल कार्य

उष्ण मरुस्थली प्रदेशों में वर्षा का प्रायः अभाव रहता है। यहाँ वर्षा का वार्षिक औसत 5 से 10 इंच तक रहता है। वैसे तो यहाँ वर्षा कदाचित् ही होती है किन्तु कभी-कभी कुछ ही समय में भारी वर्षा हो जाती है। सन् 1954 में कुवैत के अन्दर नवम्बर-दिसम्बर में केवल 15 दिनों में 7" वर्षा हो गयी। **इ० डी मार्टोनी (E. de Martonne)** ने एक जगह वर्णन करते हुए लिखा है कि अल्जीरिया की वादी ऊर्रिलू (Unrlu) में एक सैनिकों की बटालियन डेरा डाले पड़ी थी। यकायक वादी में भीषण बाढ़ आ जाने से सैनिक भौचक्के रह गये और 28 सैनिक अन्ततः बाढ़ की भेंट चढ़ गये।¹ इन प्रदेशों में बहने वाली धाराएँ कुछ ही समय के लिए प्रभाव-शाली रहती हैं। अतः इन्हें फ्लैश फ्लड्स (flash floods) कहा जाता है। वनस्पति के अभाव के कारण भूमि पर इन धाराओं का अधिक प्रभाव होता है। मरुस्थली अपक्षय के फलस्वरूप इनके साथ प्रभूत मात्रा में मलबा बहकर आता है। कभी-कभी नदियों में इतना मलबा आ जाता है कि वे पंक प्रवाह (mud flows) का रूप ले लेती हैं और अन्त में शान्त हो जाती हैं। कम ढाल वाले भागों में इनके मार्ग निश्चित नहीं हो पाते। इसलिए वे चादर की भाँति फैल जाती हैं।

¹ F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 225

ऐसी धाराओं को अमरीका में वाशेज (Washes) कहते हैं। जो वाशेज पर्वतीय क्षेत्रों तक पहुँच जाती है वे एरोयज (Arroys) कहलाती हैं। कभी-कभी धाराएँ कई नालियों में बँट जाती हैं और घाटी के मुहाने अथवा पहाड़ी ढाल के नीचे जलोढ़ शंकु (Alluvial Cone) या शुष्क डेल्टा (Dry Delta) की रचना करती हैं। यहाँ नदियों द्वारा एकत्रित असंगठित पदार्थ पर फिर वायु द्वारा प्रहार किया जा सकता है।

जब अनेक शुष्क धाराएँ ऐसे बेसिन (depression) में जाकर खुलती हैं जो चारों ओर से ऊँची पहाड़ियों से घिरा हुआ हो तो उस बेसिन के तल पर जलोढ़ अवसादों का निक्षेप हो जाता है। इस बेसिन के पदस्थलीय पहाड़ी किनारों पर कोणीय शैल-मलबा, बजरी और मोटा पदार्थ जमा रहता है। जहाँ बेसिन के किनारों पर कई जलोढ़ पंख परस्पर मिल जाते हैं वहाँ मन्द ढालयुक्त बहुत कम ऊँचे-नीचे मैदान की रचना होती है। इनको बाजदा (Bajada) कहते हैं। बाजदा से आगे रेतीला क्षेत्र होता है और उसके आगे मध्य में पंक-स्तर रहता है। बेसिन का यह मध्यवर्ती भाग कभी-कभी दलदल अथवा क्षणिक नमकीन झील में बदल जाता है। प्रायः सभी मरुस्थलों में ऐसे अन्तःअपवाह प्रणाली के बेसिन पाये जाते हैं। उत्तरी अमरीका व एशिया में ऐसे बेसिन अधिक मिलते हैं। उत्तरी अमरीका में बेसिन अधिकतर विशाल और अन्तरापर्वतीय होते हैं। इनको यहाँ बोलसन (Bolsons) कहते हैं। बेसिनों के मध्य जो झीलें बन जाती हैं उन्हें संयुक्त राज्य अमरीका में प्लाया (Playas), मेक्सिको में सेलिना या सालार (Salar's), उत्तरी अफ्रीका में शोट्स (Shoots), सहारा में सेबाच (Sabchas), प्रशा में केवायर (Kewire) और ट्रांस कैस्पिया में टाकायर (Takyie) कहते हैं।

मरुस्थली पेडीमेण्ट्स (Desert Pediments)

पेडीमेण्ट शुष्क एवं अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों का विशिष्ट भू-रूप है। इन प्रदेशों में प्रायः किसी उच्च भूमि—पर्वत, पठार अथवा इन्जेल्बर्ग—के पदों (foot) में बहुत ही मन्द ढालयुक्त चट्टानी मैदान फैला हुआ पाया जाता है। इस प्रकार के चिकने चट्टानी चौरस मैदान को पेडीमेण्ट (Pediment) कहते हैं। इसका ऊपरी किनारा प्रायः यवायक पर्वतीय अग्र-भाग में परिणत हो जाता है और निचला किनारा क्रमशः मरुस्थल के बेसिन के निम्न भाग में मलबे के नीचे शनैः-शनैः अभिनत होता है। अपरदन-चक्र के विकास के साथ-साथ पर्वतों की ओर इसकी चौड़ाई बढ़ती जाती है। विकास की चरमावस्था के पूर्व पर्वत के अग्रिम भाग और पेडीमेण्ट के ढाल में बड़ा अन्तर रहता है। यह अन्तर एक डिग्री से लेकर सात डिग्री तक मिलता है। किन्तु ढाल का औसत प्रायः ढाई डिग्री रहता है। किनारों के अतिरिक्त पेडीमेण्ट पर सर्वत्र पक की एक हल्की चादर बिछी हुई पायी जाती है। पर्वत की ओर ज्यों-ज्यों पेडीमेण्ट फैलता जाता है त्यों-त्यों पक की चादर उसी ओर बढ़ती जाती है। कई पेडीमेण्ट घाटियों से होते हुए पर्वतों के भीतर तक प्रवेश कर जाते हैं जिनके मिश्रण से शैल पंख (Rock Fan) बन जाता है। कभी-कभी समस्त पेडीमेण्ट जलोढ़ पंख से ढक जाता है तो उसे पंखायुक्त पेडीमेण्ट (Fantopped Pediment) कहा जाता है। कहीं-कहीं पर पेडीमेण्ट ऊपर की ओर उठे हुए मिश्रित निक्षेपों पर बन जाते हैं और कभी-कभी जलोढ़ पंखों पर नये पेडीमेण्ट की रचना हो जाती है। ऐसे पेडीमेण्ट कोलोरेडो के सामने की पर्वत-श्रेणी में देखे जाते हैं। यद्यपि दूर से देखने पर पेडीमेण्ट बाजदा के मानिन्द दिखाई पड़ता है, किन्तु बाजदा और पेडीमेण्ट में बड़ा अन्तर है। बाजदा वस्तुतः एक ऊँचा-नीचा मैदान है जिसकी रचना मलबा एकत्रित होने से होती है जबकि पेडीमेण्ट स्वतन्त्र रूप से विभिन्न प्रकृति की चट्टानों में कटा हुआ मैदान है। एक ओर बाजदा की रचना अधिवृद्धि (aggradation) द्वारा होती है तो दूसरी ओर पेडीमेण्ट श्रेणीकरण (degradation) का परिणाम है।

पेडीमेण्ट की उत्पत्ति को अभी तक पूर्णरूप से समझा नहीं जा सका है। अतः इसकी उत्पत्ति के सम्बन्ध में बड़ा मतभेद है। जॉनसन (Johnson) ने पार्श्विक अपरदन को ही उसकी उत्पत्ति का कारण माना है। उनके मतानुसार पेडीमेण्ट के तीन भाग होते हैं। पहला पर्वत से ठीक लगा हुआ भाग है जहाँ लम्बवत् अपरदन अधिक होता है। दूसरे पहाड़ी आधार के चारों ओर मिलता है जहाँ मूलतः पार्श्विक अपरदन ही होता है। यही पेडीमेण्ट का मुख्य भाग होता है। तीसरा भाग निक्षेपण का रहता है। यहाँ जल का प्रभाव होते हुए भी वायु द्वारा उसका रूप परिवर्तित होता है। डेविस ने पार्श्विक अपरदन मत की सत्यता में शंका प्रकट की है। उसके अनुसार यदि पेडीमेण्ट का निर्माण पर्वत के अग्रिम में पार्श्विक अपरदन द्वारा होता है तो पर्वतीय कटक के ढालू किनारों के सामने सामान्य सतह से ऊँची अवशिष्ट प्रस्तर घुण्डी (knobs) शेष नहीं रह सकती। किन्तु अनेक स्थानों पर ऐसी घुण्डियाँ देखी जाती हैं।

गिलबर्ट ने पेडीमेण्ट की रचना में सामान्य अपरदन-चक्र का ही महत्वपूर्ण हाथ माना है। इसके मतानुसार मरुस्थलीय नदियों में मलबे की अधिकता रहती है जिससे उनकी लम्बवत् अपरदन की गति शिथिल हो जाती है। लम्बवत् अपरदन की शिथिलता से पार्श्विक अपरदन की महत्ता बढ़ जाती है। इसके द्वारा चट्टानें कटककर चौरस हो जाती हैं और उन पर पक का निक्षेपण हो जाता है।

मैकेंजी के अनुसार चादरवत बाढ़ (sheet flood) पेडीमेण्ट की रचना होती है। चादरवत बाढ़ से आधार-तल मैदान बन जाते हैं। जिन भागों में अपवाह प्रणाली निरन्तर तटों की ओर ढालू होती जाती है वहाँ उसका विकास सम्भव प्रतीत होता है।

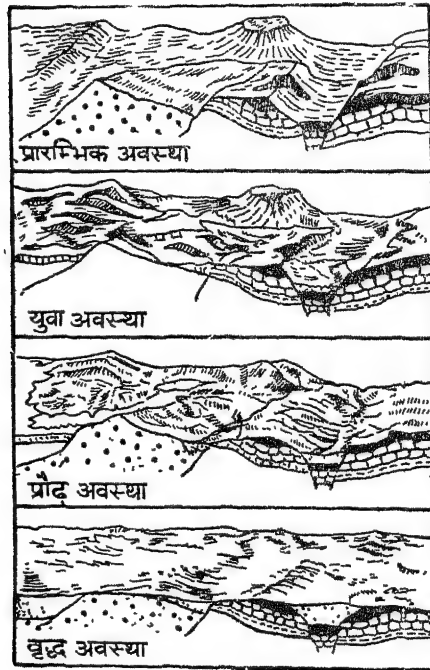
कुछ भूगोलवेत्ताओं ने पहाड़ी ढालों का पृष्ठ भाग की ओर उत्तरोत्तर हटते जाना ही पेडीमेण्ट के निर्माण का कारण माना है।

शुष्क प्रदेशों का अपरदन-चक्र (Cycle of Erosion in Arid Regions)

शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र की क्रिया एक जटिल प्रक्रम (process) है। अतः इसे सामान्य अपरदन-चक्र (normal cycle of erosion) की भाँति सरलता से ग्रहण कर सकता सम्भव नहीं है। अपरदन-चक्र का प्रारम्भ सदैव किसी नवीन स्थलखण्ड (initial surface) से होता है। अतः यदि यह मान लिया जाय कि किसी भी मैदानी अथवा मरुस्थल के जीवन की शुरूआत एक निम्न रूपरेखा वाले धरातल (surface of low relief) से हुई है तो यह सम्भव है कि वह अपनी प्रारम्भिक अवस्थाओं से किंचित ही परिवर्तित हुआ है। अपनी प्रारम्भिक अवस्था में धरातल शैल-मलबे (rock debris) से ढका हुआ होगा। शैल-मलबे के सनिघर्षण और वायु द्वारा उसके अपवाहन से वह भाग एक चट्टानी मैदान (rock plain) में बदल जायगा। स्थलखण्ड की प्रारम्भिक रूपरेखा से वायूद समप्रायः मैदान (aeolian peneplain) तक का परिवर्तन धरातल की कुछ गहराई तक ही सीमित होता है। क्या वायु द्वारा किसी भी प्रदेश का बहुत अधिक निम्न-तल तक अपरदन सम्भव हो सकता है, यह सन्देहास्पद है। मरुस्थलों में जल और वायु के प्रभाव के सापेक्षिक महत्त्व पर अभी बहुत अधिक मतभेद है। शुष्क प्रदेशों के सम्बन्ध में सर्वप्रथम डब्ल्यू० एम० डेविस ने शुष्क अपरदन-चक्र की एक रूपरेखा प्रस्तुत की किन्तु उसने इस तथ्य को स्वीकार किया कि इस चक्र के अनुसार निर्मित भू-आकार व्यावहारिक रूप में मरुस्थलों में नहीं देखे जा सकते। उसके अपरदन-चक्र की सैद्धान्तिक रूपरेखा निम्न प्रकार है :

युवावस्था—पृथ्वी की सचलनों द्वारा उत्थापित किसी भी ऐसे भाग में जो ऊँचा-नीचा हो, शुष्क अपरदन-चक्र का प्रारम्भ हो सकता है। जब प्रारम्भिक उत्थान होता है तो अनेक

स्वतन्त्र अन्तरा-पर्वतीय बेसिन बन जाते हैं। ये बेसिन चक्र की स्थापना के लिए आदर्श स्थलखण्ड होते हैं। ऐसे बेसिन संयुक्त राज्य अमरीका और एशिया में बहुत देखे जाते हैं। शुष्क चक्र के प्रारम्भ होने के लिए अन्तरा-पर्वतीय बेसिन प्रारम्भिक स्थलखण्ड (initial relief) का निर्माण करते हैं। प्रारम्भ में इन बेसिनो में केन्द्रानुवर्ती अपवाह प्रणाली (centripetal consequent drainage) की स्थापना होती है। बेसिनो के तल यहाँ की नदियों के लिए स्थानीय आधार-तल (local base level) का कार्य करते हैं। इस अवस्था में प्रत्येक बेसिन एक-दूसरे से अलग होता है। अतः निकटवर्ती बेसिनो की अपवाह प्रणालियों के बीच कदाचित ही सम्बन्ध स्थापित हो पाता है। वस्तुतः वाष्पीकरण की अधिकता से धाराओं में बहुत कम जल रहता है। कई धाराएँ बेसिनो से ढालों पर पहुँचते-पहुँचते लुप्त हो जाती हैं। बेसिन के उच्च भागों में छोटी आन्तरायिक धाराएँ खादरों और अवनालिकाओं की रचना कर देती हैं जो धीरे-धीरे बाहियों और केनियन में परिणत हो जाती हैं। धाराएँ अपरदित शैल-मलबे को समुद्रों तक परिवहित नहीं कर पातीं और उसे निकट ही गर्तों (depressions) में फैला देती हैं। फलस्वरूप ये गर्त रेतीले मैदान में बदल जाते हैं और अन्ततः नमकीन प्लेया झीलों का रूप धारण कर लेते हैं। अपरदन के कारण उच्च भागों के ढाल



चित्र 346—शुष्क मरुस्थलीय प्रदेशों में अपरदन चक्र की अवस्थाएँ

हो जाते हैं। इसके साथ ही नदी अपहरण की क्रिया सम्पन्न होती है। ऊँचे बेसिनो के निक्षेपों के अपरदन से उत्खात भू-दृश्य (bad land topography) का विकास होता है। इस क्रिया से उच्च बेसिनो के तल कटते जायेंगे और उनका जमा पदार्थ निम्न बेसिनो को स्थानान्तरित होता जायगा। इस प्रकार कालान्तर में एक अपवाह प्रणाली बन जायगी। यही प्रौढावस्था का चिह्न है। इस अवस्था में नदी-घाटियाँ चौड़ी होती जाती हैं और विस्तृत जलोढ़ पंखों की रचना होती है। विभिन्न जलोढ़ पंखों के सम्मिलन से बाजदा (Bajada) बन जाते हैं। इन पर कहीं-कहीं मीलों तक पंक की चादर बिछ जाती है। इनकी सतह आन्तरायिक धाराओं द्वारा कट कर विकृत हो जाती है।

क्रमशः पीछे खिसक जाते हैं जिससे उनके सामने संकीर्ण शैल-पद बने रह जाते हैं और ऊपरी धरातल धीरे-धीरे घिसकर नीचा हो जाता है। बेसिनो में धाराओं द्वारा बराबर कछारी मिट्टी का निक्षेप होता रहता है जिससे बेसिन भर जाते हैं। फलस्वरूप बेसिनो के तल ऊँचे उठ जाते हैं। कालान्तर में नदियों की निक्षेप-क्रिया में भी बाधा पड़ने लगती है। ऐसी अवस्था में वायु द्वारा अपवाहन धाराओं के निक्षेप कार्य में अवश्य मदद करते हैं। धरातल की ऊँचाई-निचाई समाप्त हो जाने पर वायु नये गर्त बनाती है और बालुका-स्तूपों का विकास होने लगता है और वे बालू की प्रचुरता वाले भागों से हटने लगते हैं। यद्यपि यह सही है कि बड़े पैमाने पर अपवाहन होने पर उच्च प्रदेश और बेसिनो के तल एक समान हो जायें।

प्रौढावस्था—जब मरुस्थली बेसिन ऊपरी काट-छाँट के कारण भर जाते हैं तो अनुवर्ती नदियाँ अभिशोष अपरदन करने लगती हैं जिससे बेसिनो को अलग करने वाले कुछ अवरोध नष्ट

ये धाराएँ उन्हीं में विलीन भी हो जाती है। कभी-कभी आकस्मिक बाढ़ों द्वारा पंखों में गहरी घाटियाँ बन जाती है। इन्हे अमरीका में वाशेज (Washes) और सहारा व अरब में वादिज (Wadis) कहते हैं।

प्रौढ़ावस्था की प्रगति के साथ-साथ धरातल के उच्च भाग घिसकर नीचे होते जाते हैं। समस्त प्रदेश एक नितान्त ही चपटे मैदान में बदल जाता है। इस पर कहीं-कहीं बजरी की फर्श बिछी हुई पायी जाती है। इसके विस्तृत भाग में बालू और बालुका-स्तूप फैले रहते हैं। इसके साथ ही ज्यों ज्यों उच्च भागों का घिसाव होता जाता है उनके अवशिष्ट भाग शिखरिका व शैल-स्तम्भ आदि विस्तृत शैल-पदों से एकदम ऊपर उठे दृष्टिगोचर होते हैं।

वृद्धावस्था—जैसे-जैसे ढाल और वर्षा कम होते जाते हैं, जल का प्रभाव भी नष्ट होता जाता है। ऐसी अवस्था में जल-धारा के स्थान पर वायु का प्रभाव सर्वोपरि हो जाता है। वायु के अपवाहन से बड़ी मात्रा में धूल और बालू स्थान्तरित होकर दूर-दूर तक पहुँच जाती है। जहाँ पंक की तह पतली होती है वहाँ मिट्टी के कण बेसिन के किनारों की ओर हटा दिये जाने पर नीचे की चट्टानें बाहर दृष्टिगोचर होने लगती हैं। इस दशा में वहाँ वायु छिछले गर्त बना देगी जो वहाँ की अपवाह प्रणाली में गडबड़ उत्पन्न कर अन्त में उसे छिन्न-भिन्न कर सकते हैं। यदि यह क्रिया बड़े परिमाण में होती रहे तो उससे अनियमित 'पहाड़ी और गर्त' (hill and hollow) स्थलाकृति का विकास हो जायगा। अधिकांशतः ऐसे गर्त जल के साथ बहकर आये हुए अवसादों से भर जाते हैं। इस प्रकार मैदान के धरातल का वांछनीय चपटापन बना रहता है। इस अवस्था में पर्वतीय शुष्क मैदान अथवा शैलपद (pediments) बन जाते हैं तथा हमादा और एर्ग मरुस्थलों का निर्माण होता है। राजस्थान का थार मरुस्थल इसी अवस्था में है।

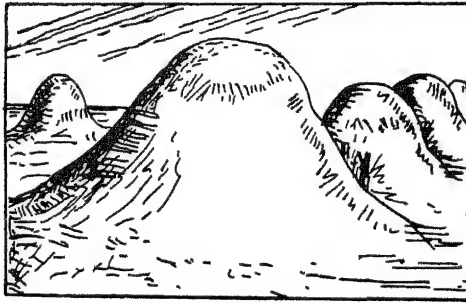
शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्थाओं का कई स्थानों पर अवलोकन किया जा सकता है, किन्तु उनकी अन्तिम अवस्था और उसके प्रतीक मैदानों की उत्पत्ति और उनके वास्तविक लक्षणों के बारे में बड़ा सन्देह है। **पसार्ज** (Passarge) ने सन् 1904 में दक्षिणी अफ्रीका के शुष्क प्रदेशों का अध्ययन करते समय वहाँ विस्तृत रूप से फैले चौड़े-चपटे मैदान और उनके बीच जगह-जगह तीव्र ढाल वाली अवशिष्ट पहाड़ियाँ देखीं। इन पहाड़ियों को जर्मन भाषा में 'इन्जेल-बर्ग' (Inselberg) कहा जाता है। उसने इन स्थल-रूपों को शुष्क प्रदेशों में लम्बे समय से होते रहने वाले अपरदन का अन्तिम अथवा स्थायी आकार (limiting forms) माना है। ऐसा मानने का कारण उसका यह अनुमान है कि स्थान्तरण के कारण गहरे से गहरे प्रारम्भिक बेसिनो के तल से भी नीचा मैदान बनना चाहिए। ऐसा मैदान अन्तःअपवाह (inland drainage) क्षेत्र में स्थानीय आधार-तल से स्वतन्त्र होगा। शुष्क अवस्थाओं में यदि वहाँ अपघर्षण (coriasion) और अपवाहन की कोई निम्न सीमा हुई तो वह वहाँ के जल-तल द्वारा निर्धारित होगी। इस विचारधारा के आधार पर शुष्क प्रदेशों में अपरदन-चक्र द्वारा उत्पन्न समतलप्राय मैदान का धरातल समुद्रतल से ऊँचा अथवा नीचा हो सकता है। यदि इनकी सामान्य समतलप्राय मैदान के रूप में व्याख्या की जाय तो उनका वर्तमान रूप कई स्थानों पर यह प्रकट करता है कि बाद के समय में उनका तीव्रता से उन्मज्जन हुआ है। **पसार्ज** के इस विचार का डब्ल्यू० एम० डेविस ने विशेष समर्थन किया है।

पसार्ज ने बुचानालैण्ड और उसके प्रदेश में पाये जाने वाले जिन स्थल रूपों का वर्णन किया है, वैसे रूप अफ्रीका महाद्वीप में विस्तृत रूप से फैले हुए पाये जाते हैं। ऐसे रूप यूगाण्डा, मोजाम्बिक और नाइजीरिया में बड़ी मात्रा में देखे जा सकते हैं। **पसार्ज** ने इन स्थल-रूपों के निर्माण में धूल व बालू के अपवाहन (deflation) पर विशेष बल दिया है, किन्तु बाद के लेखकों ने **पसार्ज** के उक्त विचार का समर्थन नहीं किया है। यद्यपि इसमें कोई सन्देह नहीं है कि हवा द्वारा धूल के उड़ा ले जाने और यदाकदा होने वाली कुछ वर्षा के द्वारा मरुस्थलों के स्थूल निक्षेपों

के ऊपर चपटे धरातल का निर्माण हो सकता है किन्तु अब यह प्रकट सत्य है कि ऐसे समतलप्राय मैदान प्रायः कठोर चट्टानों के बीच भी पाये गये हैं। अतः आजकल वाद-विवाद के केन्द्र-बिन्दु इन चट्टानी मैदानों की उत्पत्ति और इनसे सम्बन्धित 'इन्जेलबर्ग' है। यह कभी भी प्रामाणिकता के साथ स्पष्ट नहीं किया गया है कि साधारण धूल के प्रभाव से कठोर चट्टानों में विस्तृत चपटे मैदानों की रचना हो सकती है और न यही बताया गया है कि 'इन्जेलबर्ग' के बनने का मूल कारण भी यही है। बाद के लेखकों ने इस बारे में भिन्न मत दिये हैं। कुछ लोगों ने इन्हें परिवर्तित, शुष्क और आर्द्र अवस्थाओं में होने वाले अपरदन का फल बताया है, किन्तु कुछ अन्य व्यक्तियों ने विशेषतः जर्मन भू-आकृतिविदों ने उन्हें मोनेडनोकी की उपमा देकर आर्द्र अपरदन (humid erosion) के अवशिष्ट रूप बताये हैं।

अफ्रीका के भू-आकृति-विज्ञान (Geomorphology) के प्रसिद्ध विद्वान एल० सी० किंग ने हाल ही में पदस्थलीकरण-चक्र (cycle of pediplanation) की अवधारणा प्रस्तुत की है। इस अवधारणा का लोगों ने डेविस की योजना से भी अधिक स्वागत किया है। इस अवधारणा के अनुसार उच्छिष्ट अवकाश (scrap retreat) एवं शैल-पद (pediment) बनने की प्रणाली के क्रियाशील रहने से चट्टानें अवतल (concave) रूप धारण कर लेती हैं। इनमें उत्थापन (aggradation) पर बहुत अधिक जोर नहीं दिया गया है, क्योंकि उत्थापन की क्रिया केवल कुछ विशिष्ट स्थानीय अथवा सरचना की अवस्थाओं में ही महत्वपूर्ण होती है। यह माना गया कि युवावस्था में नदी-अपरदन के फलस्वरूप समस्त धरातल तेज ढाल वाले खण्डों के क्रमों में बँट जायगा। इस प्रकार घाटी के किनारों पर जो तीव्र ढालों के विकास का प्रारम्भ होगा वे शैल-पदों को छोड़कर पीछे हट जायेंगे। ये शैल-पद (pediment) पहले-पहल क्षेत्र में बहुत सीमित होते हैं। किन्तु ज्योज्यों उच्च भूमि का कटाव होता जाता है, शैल पदों का विस्तार बढ़ता जाता है। प्रौढावस्था में ये शैल-पद धरातलीय भू-दृश्य के प्रमुख भू-आकार होते हैं। पूर्व की उच्च भूमि इन्जेलबर्ग में परिणत हो जाती है। वृद्धावस्था में धरातलीय भू-दृश्य का मुख्य रूप पदस्थलीय (pediplain) होता है। ये पदस्थलियाँ अनेक अवतल शैल-पदों (pediments) के मिलने से बनती हैं। इनके ऊपर दूर-दूर तक बिखरे हुए इन्जेलबर्ग और केसल कोप्जी (castle kopjes) पाये जाते हैं। यहाँ यह बात विशेष उल्लेखनीय है कि पदस्थलीकरण चक्र की अन्तिम अवस्था प्राप्त हुए बिना धरातल की ऊँचाई में विशेष कमी नहीं होने पाती।

ग्रेनाइट स्थलाकृति (Granite Topography)—ग्रेनाइट की रचना विभिन्न खनिजों के योग से होती है। इसका निर्माण करने वाले रवे प्रायः खुरदुरे होते हैं। इसमें सन्धियाँ भली प्रकार विकसित होती हैं। ग्रेनाइट की यही विशेषताएँ साधारणतः उसके भू-आकार को निर्धारित करती हैं।



चित्र 347—मरुस्थलों में ग्रेनाइट चट्टान के गुम्बदाकार टीले

अथवा ऊँची पहाड़ी चोटियों पर जहाँ तापमान का अन्तर बहुत अधिक रहता है, ग्रेनाइट का शीघ्र क्षय होता है। आर्द्र भागों में यह जलवायु के क्षय प्रभाव से बची रहती है। यद्यपि ग्रेनाइट विभिन्न

खुरदुरे दानों से निर्मित होने और उसमें सन्धियों तथा प्रसन्धियों के विकास के कारण ग्रेनाइट ऋतु-अपक्षय से शीघ्र प्रभावित होती है। चट्टान के बार-बार गरम और शीतल होने से वह टूट जाती है। उष्ण मरुस्थलों तथा शीतल जलवायु वाले भागों

खनिजों से बनी होती है किन्तु वह एक समांग (homogenous) शैल की भाँति कार्य करती है। इस विशेषता के कारण ग्रेनाइट प्रदेशों में गुम्बदाकार (dome-shaped) पहाड़ियों तथा गोल टीलों का निर्माण होता है तो ग्रेनाइट स्थलाकृति के अभिन्न अंग है।

ग्रेनाइट के गुम्बदाकार रूप और गोल टीलों की रचना पहाड़ी चोटियों पर अधिक होती है। परन्तु पहाड़ी ढालों और घाटियों की तलहटियों में भी इनका विकास देखा जाता है। इन रूपों का विकास धरातल पर बाहर निकली हुई चट्टानों की परतों के टूटने से होता है। सर्वप्रथम सन्धियों और प्रसन्धियों के किनारे ऋतु-अपक्षय द्वारा प्रभावित होते हैं और क्षय के कारण गोल बन जाते हैं। इनके गोल आकार ग्रहण करने पर चट्टान की अन्य भीतरी तह भी प्रभावित होती है जिससे वे फैल जाती हैं और धीरे-धीरे अलग होने लगती हैं। इससे बड़े-बड़े गुम्बदों का निर्माण होता है। इन गुम्बदों को चट्टान की परतों के अलग होने से बने गुम्बद (exfoliation dome) कहा जाता है।

गुम्बदों की रचना-विधि में चट्टानों की परतों का टूटकर अलग होना (exfoliation) मुख्य है। यह क्रिया कई प्रकार से होती है :

(1) दैनिक तथा मौसमी तापान्तर के कारण धरातल की चट्टानें बार-बार फैलती और सिकुड़ती हैं। बार-बार फैलने और सिकुड़ने से चट्टानों के परत ढीले पड़ जाते हैं और अलग होने लगते हैं, जिससे गुम्बदाकार रूपों का विकास होता है।

(2) ग्रेनाइट चट्टान में अभ्रक (mica), स्फटिक (quartz) तथा फेल्सपार (feldspar) खनिज मिले हुए होते हैं। फेल्सपार इनमें घुलनशील खनिज है। इस कारण जब चट्टान में जल प्रविष्ट हो जाता है तो फेल्सपार के जलीकरण (hydration of feldspar) के कारण वह टूटने लग जाती है। टूटने की क्रिया चट्टान के सभी भागों में समान रूप से होती है, अतः उसकी आकृति गोलाकार हो जाती है।

(3) अन्य चट्टानों की तरह ग्रेनाइट में भी सन्धियाँ और प्रसन्धियाँ पायी जाती हैं। जब ये सन्धियाँ काफी चौड़ी हो जाती हैं तो इनके द्वारा जल चट्टान के भीतर पहुँचकर उसको तोड़ने में सहायक होता है। इसी कारण ग्रेनाइट के बड़े-बड़े गोलाकृति (boulders) भी धीरे-धीरे टूटते हैं। प्रायः ये गोलाकृति अपने ही क्षय से बने बालू में घुसे रहते हैं। कहीं-कहीं ये टीले खड़े दिखाई पड़ते हैं। इसका कारण यह है कि चट्टानों के क्षय से जो रेत बनता है वह ढाल तथा जल प्रवाह के कारण बह जाता है और टीले अकेले खड़े रह जाते हैं।

अपदलन गुम्बद (exfoliation domes) विभिन्न जलवायु प्रदेशों में देखे जाते हैं। सियरानेवदा के बर्फ से ढण्डे भागों, ब्राजील के उष्ण तथा आर्द्र पहाड़ी भागों और मिस्र तथा कालाहारी के गरम मरुस्थल आदि भागों में इनका विकास पाया जाता है। इन सभी भागों में ग्रेनाइट नीस और ग्रेनो जैसी कठोर चट्टानें पायी जाती हैं। इन चट्टानों में मुख्य सन्धियाँ (master joints) इतनी अधिक पायी जाती हैं कि उसमें बड़े-बड़े शिलाखण्डों का निर्माण होता है। ये ही शिलाखण्ड गोलाकार बन जाते हैं या 'टॉर्स' (tors) अथवा खड़े ढाल वाले स्तम्भों में बदल जाते हैं।

उष्ण तथा आर्द्र जलवायु वाले प्रदेशों में खड़े ढाल वाले गुम्बदों की रचना होती है। ब्राजील में रियो डी जेनिरो के समीप ऐसे ही गुम्बद मिलते हैं। यहाँ इनकी ऊँचाई 1000 फुट से भी अधिक देखी जाती है। रियो बन्दरगाह पर झुकी हुई इस प्रकार की एक पहाड़ी को यहाँ 'सुगर लोफ' (Sugar loaf) कहा जाता है। इससे बराबर महीन चट्टानी टुकड़े नीचे गिरा करते हैं।

दक्षिणी-पश्चिमी अफ्रीका, नाइजीरिया, मोजाम्बिक और कालाहारी मरुस्थल में 'द्वीपाभगिरि' (inselbergs) का विकास पाया जाता है। द्वीपाभगिरि अपने आकार में गुम्बदों से भिन्न होते हैं। इनके किनारे एकदम खड़े होते हैं। इनका यह आकार क्षय-क्रिया का फल है। ऐसे आकार उष्ण तथा आर्द्र जलवायु वाले प्रदेशों में ही मिलते हैं।

ऊँचे पर्वतीय भागों में गोल आकारों के विपरीत असम चोटियाँ (rugged peaks) ही मिलती हैं, क्योंकि तापमान के अन्तर तथा जल के प्रभाव से चट्टानें बराबर टूटती रहती हैं।

इस प्रकार ग्रेनाइट स्थलाकृति में बड़े-बड़े स्थल-रूपों का अभाव रहता है। प्रायः गुम्बदाकार पहाड़ियाँ और गोल टीले ही चारों ओर बिखरे हुए पाये जाते हैं। ग्रेनाइट स्थलाकृति में सर्वत्र एकसा भू-दृश्य दृष्टिगोचर होता है। पहाड़ी ढालों तथा घाटियों में गोलाश्म (boulders) फैले हुए देखे जाते हैं। गुम्बदों के खड़े-ढाल होने से सामान्यतः यहाँ मिट्टी का अभाव पाया जाता है। इसलिए गुम्बदों तथा ढालों पर कोई वनस्पति नहीं देखी जाती। तलहटियों में जहाँ चट्टान-चूर्ण आकर जमा होता रहता है और अधिक समय जल के संयोग में रहता है, मिट्टी पायी जाती है। यह मिट्टी रेतीली चिकनी (sandy clay) मिट्टी होती है। मिट्टी के कुछ अप्रवेश्य होने से यहाँ घरातल पर जल की अधिकता रहती है। सतह पर अनेक झरने (springs) और जल धाराएँ पायी जाती हैं। ऐसे ही स्थानों के निकट प्रायः जनसंख्या का जमाव पाया जाता है।

हमारे देश में इस प्रकार के भू-दृश्य छोटा नागपुर के पठार, मध्यप्रदेश तथा दक्षिण के पठार के अनेक भागों में पाये जाते हैं।

बहुली चट्टानों की स्थलाकृति (Sandstone Topography)

बालुका प्रस्तर (sandstone) एक प्रवेश्य चट्टान है। विखण्डन द्वारा यह कम प्रभावित होती है। शैल आदि चट्टानों की अपेक्षा इसमें क्षय से बचने की अधिक शक्ति होती है किन्तु इनकी यह शक्ति रवों के आकार, जोड़ने वाले पदार्थ और जोड़ों की उपस्थिति पर निर्भर रहती है। यदि इन्हें जोड़ने वाला पदार्थ (cementing material) सिलिका जैसा हुआ तो चट्टान मजबूत होती है पर यदि वह पदार्थ चूनेदार हुआ तो चट्टान कमजोर और रासायनिक क्षति से शीघ्र प्रभावित होने वाली होगी। इसी तरह चट्टान का निर्माण करने वाले रवों का आकार यदि मोटा हुआ तो तापमान के प्रभाव से यह शीघ्र प्रभावित होगी। रवों के अपघटन (decomposition) से चट्टान का शीघ्र ही क्षय हो जायगा।

साधारणतः बालुका-प्रस्तरों में बड़ी-बड़ी पहाड़ियों और श्रेणियों की रचना होती है। विन्ध्याचल में ऐसी पहाड़ियाँ और श्रेणियाँ देखी जा सकती हैं। परागम्य होने के कारण इन चट्टानी प्रदेशों में पृष्ठीय जल (surface water) की कमी हो जाती है। अधिकतर जल चट्टानों में नीचे भिद जाता है। इस कारण इन प्रदेशों में नुकीली और लटकी हुई चोटियों का निर्माण होता है। पहाड़ियों में लगातार अवतल ढाल (concave slope) नहीं होता। यहाँ बहने वाली नदियाँ प्रायः संकीर्ण और गहरी घाटियों (gorges) का निर्माण करती हैं। शुष्क भागों में इन चट्टानों के खड़े जोड़ों पर अवशिष्ट स्तम्भों (residual pillars) की रचना होती है। जहाँ कहीं कायान्तरित बलुही चट्टानें मिलती हैं वहाँ खड़ी चोटियों और सपाट ढालों का विकास होता है, जैसा अरावली व राजगिरि की पहाड़ियों में देखा जाता है।

(क) जलीय दाब-क्रिया (Hydraulic Action)—समुद्र का जल कभी शुद्ध (Pure) नहीं होता। उसमें सदा कई प्रकार की अशुद्धियाँ (कंकड़, मिट्टी, रसायनिक पदार्थ आदि) मिली हुई रहती हैं। ये सब अशुद्धियाँ उसके क्षय-कार्य में योग्य होती हैं। परन्तु जल के दबाव के रूप में समुद्र शक्ति बहुत महत्वपूर्ण है। समुद्र-जल में मिले हुए क्षय-पदार्थ जब तट-भूमि से टकराते हैं तो उसका प्रभाव टीक हथौड़े की चोट के अनुरूप होता है। परिणामस्वरूप समुद्र-जल अन्त में तट का भजन कर चट्टानों को नवीन रूप देने में समर्थ होता है।

तट-भूमि के साथ जल क्रिया की तुलना किसी स्थान पर फेंके गये बम, और वायु की तुलना बम के विस्फोट से की जा सकती है। इस प्रकार तट-भूमि के साथ समुद्र जल की यह पूरी क्रिया दरारों अथवा संवों को चौड़ा करती है जिसमें अन्त में तट-भूमि की चट्टानें खण्ड-खण्ड होकर चकनाचूर हो जाती हैं।

(ख) संघर्षण क्रिया (Corrosion Action)—जब समुद्री लहरों में चट्टानों के टुकड़े मिले होते हैं तो वे तट-भूमि के खड़े ढाल पर जोर से फेंके जाते हैं। यही नहीं वे तट के अग्रभाग (foe shore) की चट्टानों के आरपार ज्वार द्वारा इधर-उधर भी हटते रहते हैं। इस क्रिया से तट-भूमि का बहुत सारा भाग कट जाता है।

(ग) संनिघर्षण क्रिया (Attrition Action)—जब समुद्र-जल में मिले कंकड़, पत्थर, बालू, बजरी आदि 'ओजार' का कार्य करते हैं। ये स्वयं आपस में बराबर टकराते रहने से घिस-पिटकर छोटे और महीन होते जाते हैं।

(घ) चट्टानों की घुलाव क्रिया (Corrosion Action)—समुद्र-जल की घोल अथवा रासायनिक क्रिया का प्रभाव चूने के पत्थरों से बने तटों के अतिरिक्त कहीं नहीं होता।

समुद्र का अपरदन-कार्य (Erosive Work of the Sea)

उपरोक्त विधियों से समुद्र का जल बराबर तट-भूमि को नष्ट करता रहता है। परन्तु तट-भूमि का कटाव अथवा तट-रेखा (coast line) का पीछे हटना निम्न बातों पर निर्भर करता है :

- (1) लहरों की शक्ति (Strength of waves),
- (2) तटीय शिलाओं की संरचना (Structure of rocks),
- (3) तटीय शिलाओं की कठोरता (Hardness of rocks),
- (4) तटीय शिलाओं का नमन (Dip of rocks),
- (5) जलवायु का प्रभाव (Climatic influence),
- (6) पेड़-पौधों तथा जीव-जन्तुओं का प्रभाव (Influence of plants and animals)।

(1) लहरों की शक्ति (Strength of Waves)—लहरों की शक्ति मुख्यतः उसके भार (load) तथा वातोर्मि क्षेत्र (fetch) पर आधारित होती है। लहरों के साथ मिले हुए रोड़े, बटुड़, बजरी, बालू एवं मिट्टी ही उसका भार होता है। लहरों में भार की मात्रा जितनी अधिक होती है उनकी शक्ति उतनी ही बढ़ जाती है। लहरों में भार की वृद्धि तटवर्ती खड़ी कगारों के गिरने, नदियों द्वारा प्रवाहित पदार्थों तथा स्वयं लहरों द्वारा तट-भूमि के कटाव से होती है। यह भार लहरों के साथ तट के ऊपर सतत रूप से आगे-पीछे परिवहन होता रहता है और तट के अपरदन में लहरों को अपूर्व योग देता है।

जल के उस विस्तार को जिस पर से होकर हवा बहती है, वातोर्मि क्षेत्र (fetch) कहते हैं। लहरों के आकार और उनकी शक्ति पर वातोर्मि क्षेत्र का गहरा प्रभाव होता है। हवा जितने अधिक विस्तृत जलक्षेत्र से होकर आती है वह उतनी ही अधिक शक्तिशाली लहरों को जन्म देती है। एक छोटे वातोर्मि क्षेत्र से चलने वाली तीव्र हवा की अपेक्षा बड़े वातोर्मि क्षेत्र से चलने वाली सामान्य प्रवाह की हवा अधिक शक्तिशाली लहरों को जन्म देने में सहायक होती है।

उपरोक्त बातों के अतिरिक्त ऋतु-परिवर्तन और हवाओं की प्रवाह दिशा एवं गति का भी इन पर गहरा प्रभाव होता है। इस प्रकार लहरों की शक्ति समय और स्थान तथा अन्य परिस्थितियों के अनुसार बदलती रहती है।

लहरों में अपरदन की अपरिपक्व शक्ति होती है। लहरों की शक्ति का कुछ आभास निम्नांकित तथ्यों से हो जाता है। स्कॉटिंग लाइट हाउस बोर्ड के मतानुसार अटलांटिक तट की लहरों का ग्रीष्मऋतु के पाँच महीनों में आसन दाय 611 पौण्ड प्रति वर्ग फुट रहता है। यही शक्ति शीतकाल के 6 महीनों में 2,086 पौण्ड हो जाती है। इनका सबसे अधिक दबाव 6 083 पौण्ड प्रति वर्ग फुट नापा गया है। पूर्वी-तट पर जल का प्रहार 6,000 पौण्ड में भी अधिक शक्तिशाली होता है। समुद्र की उन दाघंकाय लहरों के तट से टकराने और फिर ऊँचाई से स्थल पर धड़ाम से गिरने से जल के दबाव का निम्न-तल पर गिरना भयंकर प्रहार होता होगा, इसका अनुमान किया जा सकता है। लहरों के इन भीषण प्रहार से तटवर्ती चट्टानें खण्ड-खण्ड ही नहीं बरन् कई स्थानों पर तट-भूमि भी नती समुद्र में लीन हो जाती है। निश्चय ही इन शक्तिशाली तरंगों की चोटों का प्रभाव बड़ा अद्भुत होता है। सन् 1836 में एक भीषण आंधी के वेग से उठने वाली लहरों ने फ्रान्स के तट पर 20 फुट ऊँची दीवार के ऊपर से $3\frac{1}{2}$ टन भार वाले पत्थर बहा दिये थे। इसी प्रकार हॉर्लैंड नामक बन्दरगाह के सामने हिलोरे रोकने वाली दीवार में लगे हुए बड़े-बड़े पत्थरों को आँधी के वेग में उठने वाली तरंगों ने बात की बात में उधर-उधर छितरा दिया। स्कॉटलैंड के उत्तरी-पूर्वी छोर के विक नामक स्थान पर सागर जल के थपेड़ों से रक्षा करने के लिए बन्दरगाह के सामने ककरीट का एक विशाल स्तूप-सा बनाया गया था। इस स्तूप को स्थिर रखने के लिए बड़े भारी-भारी शिलाखण्डों को $3\frac{1}{2}$ इंच मोटी लोहे की छड़ों में बाँधकर लगर चलाया गया था। सन् 1873 के दिमम्बर मास में ककरीट का यह विशाल पिण्ड जिनका भार 1350 टन से अधिक था, सागर की लहरों द्वारा फूल की भाँति ऊपर उठाकर फेंक दिया गया। उसके स्थान पर उससे भी अधिक भारी 2600 टन का पिण्ड रखा गया परन्तु वह भी सन् 1877 के एक तूफान की लहरों द्वारा बहा दिया गया। एक बार रोमन लोगों ने राइन नदी के मुहाने पर एक बड़ा भवन बनाया। सन् 1520 में लहरें तट को काटती-काटती वहाँ तक आ पहुँची और सन् 1694 में लहरों ने इस भवन को बिलकुल ही ध्वस्त कर दिया।

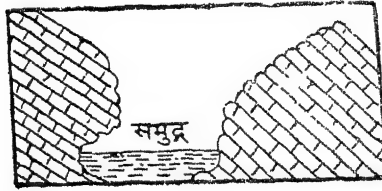
भीषण तूफान के दिनों में समुद्र की लहरों में जिस दैवी-शक्ति का प्रादुर्भाव हो जाता है उसके वेग को रोकने की सामर्थ्य थोड़ी ही वस्तुओं में होती है। इन लहरों की पहुँच ज्वार की सर्वोच्च जल-रेखा के परे तक होना भी साधारण-सी बात है। स्कॉटलैंड के पश्चिमी तट पर एक बार तूफान से उत्पन्न लहरों ने एक प्रकाश-स्तम्भ से 14 टन के भार वाले पत्थर तोड़कर बहा दिये और सो भी उस स्थान से जो ज्वार के सर्वोच्च स्थान से 37 फुट अधिक ऊँचा था। इसी प्रकार इंगलिश चैनल के बिशप की चट्टान वाले प्रकाश स्तम्भ से 325 पौंड का घण्टा सागर जल से 100 फुट ऊँचे स्थान से लहरों द्वारा तोड़कर बहा दिया गया। अन्यत्र इसी तरह भारी तूफान की लहरों से एक ऊँची दीवार ध्वस्त हो गयी और समुद्र-तल से 1176 फुट की ऊँचाई पर एक खिड़की लहर के वेग से टूटकर धुल गयी। उपरोक्त इन सभी उदाहरणों से लहरों की शक्ति का कुछ अनुमान लगाया जा सकता है।

(2) तटीय शिलाओं की बनावट (Structure of Rocks)—तट-भूमि का कटाव चट्टानों की बनावट पर बहुत निर्भर करता है। यदि तट-भूमि पर सब कहीं एकसी चट्टानें बिछी होती हैं तो लहरों द्वारा चट्टानों का क्षय भी एक समान होता है। जैसे यदि तटवर्ती चट्टानें मुक्त या अवद्ध कणों (loose particles) से निर्मित हुईं तो लहरें स्वयं तट को काटने में समर्थ होती हैं पर

यदि तट कठोर चट्टानों द्वारा निर्मित हुआ तो उस समय लहरो का कार्य अप्रत्यक्ष रूप से होता है। ऐसी अवस्था में लहरो के साथ मिले कंकड़ आदि उछलकर किनारों से टकराते हैं और एक प्रकार से रेगमाल (sand paper) का काम करते हैं।

(3) तटीय शिलाओं की कठोरता (Hardness of Rocks)—कठोर चट्टानों की अपेक्षा कमजोर चट्टानों का क्षय बड़ी शीघ्रता से होता है। अतएव यदि किसी तट पर नरम तथा कठोर दोनों प्रकार की चट्टानें विद्यमान हैं तो तट की नरम चट्टानें शीघ्रता से कट जायेगी और कठोर चट्टानें समुद्र की ओर निकली रहेंगी। इससे तट पर खाड़ियाँ बन जाती हैं। खाड़ियों का ज्यों-ज्यों भीतर की ओर विस्तार बढ़ता जाता है, नरम चट्टानों पर लहरो का प्रभाव घटता जाता है और फिर कठोर चट्टानों पर लहरों का प्रहार होने लगता है। इस क्रिया से समयान्तर में तट की कठोर से कठोर चट्टानें भी कट जाती हैं। आयरलैण्ड के पश्चिमी तट पर इस प्रकार का कटाव देखा जा सकता है।

(4) तटीय शिलाओं का नमन (Dip of Rocks)—तटवर्ती चट्टानों की रचना-विधि का क्षय-कार्य पर गहरा प्रभाव देखा जाता है। जैसे



यदि तटवर्ती चट्टानों की अभिनति समुद्र की ओर तथा सन्धि स्थलों (joints) की दिशा भूमि की ओर हो तो चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े सरलता से टूटकर तट से गिर पड़ेंगे और इस प्रकार तट का अपरदन शीघ्रता से और बड़ी मात्रा में होगा।

परन्तु इसके विपरीत यदि शिलाओं का नमन स्थल की ओर तथा सन्धि-स्थलों की दिशा समुद्र की ओर हुई तो चट्टानों का क्षय बड़ी कठिनाई से होगा। शिलाओं के चटख जाने पर भी उनके टुकड़े सरलता से अलग नहीं हो पाते। ऐसी दशा में तट का अपरदन अपेक्षाकृत धीरे-धीरे और कठिनाई से होता है।

(5) जलवायु का प्रभाव (Influence of Climate)—तट के अपरदन पर जलवायु भी बड़ा प्रभाव डालती है। जिन प्रदेशों में वर्षा खूब होती है वहाँ लहरें तट को नीचे से काटती हैं और वर्षा का जल तट को ऊपर से काटता है। इस तरह तट का कटाव बड़ी शीघ्रता से होता है।

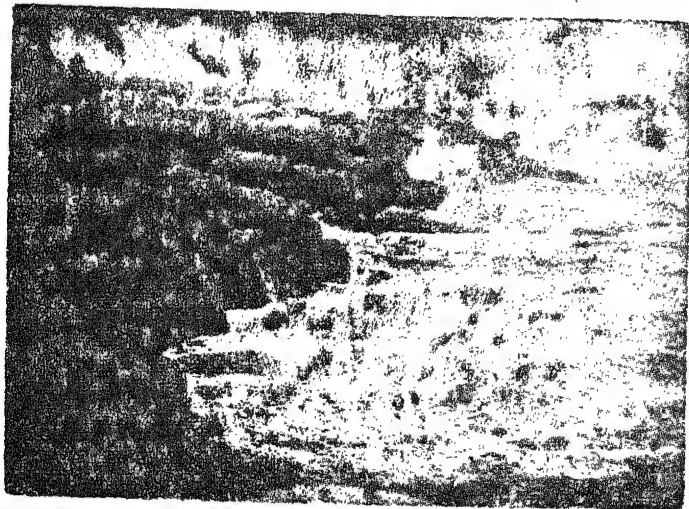
(6) जीव-जन्तुओं और पेड़-पौधों का प्रभाव (Influence of Animals and Plants)—कुछ समुद्री पेड़-पौधे और जीव-जन्तु भी शिलाओं में छिद्र करके उन्हें कमजोर बना देते हैं। इससे लहरों को उन्हें काटने में आसानी हो जाती है।

(7) लहरों के आक्रमण की दिशा—जब लहरें तट पर सीधी आकर टकराती हैं तो तट-भूमि का क्षय सरलता से और अधिक होता है, परन्तु यदि लहरें तट पर तिरछी पहुँचती हैं तो उनका क्षयकारी प्रभाव कम होता है।

अपरदन कार्य

हम समुद्र की लहरों को तट पर आकर टकराते, और फिर नीचे से वापस जाते देख सकते हैं। इस नदी-तुल्य समुद्री प्रवाह का संहार-कार्य में वैसा ही प्रभाव दिखाई पड़ सकता है जैसा पर्वतमालाओं में भीषण जल-स्रोतों या नदियों का। जिस प्रकार नदी की प्रक्रिया उसके जल के साथ बहने वाले रोड़ों, पत्थरों और बालू, कंकड़ों आदि के घर्षण से होती है उसी प्रकार सागर की लहरो के साथ आने वाले पत्थर, रोड़े आदि भी किनारों की चट्टानों पर आघात करने में बड़ी सहायता पहुँचाते हैं। इनका काम ठीक वैसा ही होता है जैसा तोपों की गोलों की मार का किलों की दीवारों को नष्ट करने में।

जब लहरें बराबर तट पर प्रहार करती रहती हैं तो शैलें-शैलें तट-भूमि कटती जाती है। इससे न केवल तट-रेखा पीछे हटती है, बल्कि समुद्र में अनेक प्रकार के भू-आकार बन जाते हैं। समुद्री लहरों के अपरदन से बनने वाले कुछ विशेष भू-आकारों का विवरण नीचे दिया जा रहा है :



चित्र 349—समुद्री लहरों द्वारा अपरदन

भूगु (Cliff)—समुद्रतट पर लहरों के आक्रमण का सबसे अधिक आघात आधार वाली शिलाओं पर होता है। इस आघात के कारण शैलें अपने आधार से कट जाती हैं जिससे ऊपर का



चित्र 350—तरंग-जनित भूगुएँ

भाग धीरे-धीरे आगे बढ़कर लटकने लग जाता है। कालान्तर में यह आगे बढ़ा हुआ भाग अपने ही भार से टूटकर गिर जाता है। इससे तटों पर खड़े किनारों की रचना होती है, जिसको भूगु (cliff) कहा जाता है।

समुद्रतट के किसी भी स्थान पर भूगु का सही आकार शैलों की संरचना और उनकी प्रकृति, शैलों के स्तर और संधियों के क्रम तथा भ्रंश-स्तरों के निकट कमजोर स्थलों की उपस्थिति आदि कई बातों पर निर्भर करता है। प्राचीन लाल बलुआ पत्थर व ग्रेनाइट जैसी कठोर शैले धीरे-धीरे घिसती हैं और बहुत ही खड़े ढाल की भूगु को जन्म देती हैं। किन्तु भूगु की रचना केवल कठोर शैलों के द्वारा ही नहीं होती। चाक जैसी शैले भी उनकी रचना करती हैं। डोरसेट, पूर्वी नेण्ट, बाउट द्वीप तथा समुद्र के तटों पर चाक के द्वारा बना भूगुओं की रचना हुई है।

भूगु का आकार ऋतु-अपक्षय (weathering) और सागुनिक अपरदन की सापेक्षिक गति पर भी निर्भर करता है।

यदि समुद्र की अपेक्षा ऋतु-अपक्षय प्रभावी होता है तो भूगु समुद्र की ओर ढालू होगी परन्तु यदि ऋतु-अपक्षय के विपरीत समुद्र अधिक तीव्रता से कटाव करता है तो भूगु समुद्र की ओर लटक जायेगी।

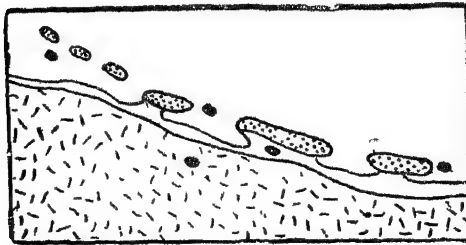
अन्त में, हमें यह बात भी ध्यान में रखनी चाहिए कि सभी भूगुएँ समुद्री अपरदन का फल नहीं हैं। जिन क्षेत्रों में समुद्र तल परिवर्तित होता रहा है वहाँ भूगु केवल भूमि के तीव्र ढाल के रूप में विद्यमान हो सकती हैं। बाद में समुद्री अपरदन से इसकी आवृत्ति में रूपान्तर हो सकता है। इसी प्रकार भ्रंश के कारण भी शैलों का समुद्र की ओर खड़ा ढाल बन जाता है। स्कॉटलैंड में ऐसे उदाहरण देखे जाते हैं।

खाड़ियाँ तथा समुद्राभिमुख कगारों का क्रम (Bays and Promontaries)

सामान्यतः कोमल चट्टानों के कठोर चट्टानों की अपेक्षा बड़ी संख्या से कट जाती है। जब किसी तट पर कोमल तथा कठोर शैल-स्तर लगबग रूप में साथ-साथ स्थित होते हैं तो समुद्र की लहरें कोमल शैलों का तीव्रता से काट देती हैं, परन्तु कठोर शैले बहुत कम घिसती हैं। फल-स्वरूप कोमल शैलों में खाड़ियाँ (bays) बन जाती हैं और कठोर शैल-स्तर कगारों के रूप में समुद्र में आगे निकले हुए रह जाते हैं। इस प्रकार जो तट भिन्न प्रकार की चट्टानों से निर्मित होते हैं वहाँ खाड़ियाँ तथा समुद्राभिमुख कगारों का क्रम बन जाता है।

खाड़ियों के स्थल की ओर विस्तार की एक सीमा होती है, क्योंकि खाड़ियों में स्थित जल हवा के प्रभाव से मुक्त रहता है और उनके सिरे पर लहरें बहुत कमजोर होती हैं। खाड़ी जितनी अधिक गहरी होती है उसके सिरे पर पहुँचने वाली लहरें उतनी ही कमजोर होती हैं, जिससे अपरदन बहुत धीमा होता है। इसके अतिरिक्त इनके शान्त जल में बालू तथा बटुड़ आदि पदार्थ एकत्र हो जाते हैं जो तट की रक्षा करते हैं। दक्षिणी-पश्चिमी आयरलैंड के तट पर स्थित खाड़ियाँ सम्भवतः इसी प्रकार बनी हैं। यहाँ कार्बोनिफेरस काल के चूने के पत्थरों के स्तर के सहारे खाड़ियाँ बन गयी हैं और प्राचीन लाल बलुआ पत्थरों के स्तर कगार रूप में स्थित हैं।

अण्डाकार कटान (Coves)—जब किसी समुद्रतट पर कोमल व कठोर शैलों की स्थिति तट के समान्तर होती है तो समुद्री लहरें सम्मुख पड़ने वाली कठोर शैलों की सन्धियों के मार्ग से

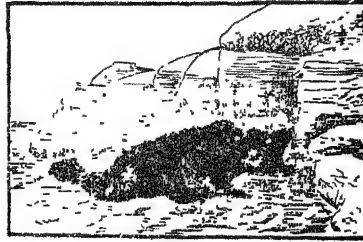


चित्र 351—अण्डाकार कटान

भीतर घुस जाती है और वहाँ शनैः-शनैः कोमल शैलों का अपरदन करती है। इस प्रकार कोमल शैलों में खोखले स्थान बन जाते हैं। इन खोखले स्थानों का आकार अण्डे के समान होता है। अतः ऐसे कटान को अण्डाकार कटान (Cove) कहा जाता है। जब कभी समीपवर्ती अण्डाकार कटानों के मध्य की कोमल शैल घुलकर नष्ट हो

जाती है तो कठोर शैल छोटे-छोटे टापूओं के सहज समुद्र में खड़े रह जाते हैं। इंग्लैण्ड के दक्षिणी तट पर इस प्रकार की स्थलाकृतियाँ देखी जाती हैं।

समुद्रतटीय गुहाएँ (Sea Caves)—जब किसी कठोर तटीय कगार के निचले भागों में कोई कमजोर स्थल जाना है तो समुद्री लहरें उस कमजोर स्थल को शीघ्र ही विसरकर खोखला बना देती हैं। लहरों के आक्रमण के समय उस खोखले स्थान के भीतर की वायु दब जाती है और लहरों के पीछे हटने में फँस जाती है। वायु के इस प्रकार नाच-तान मिट्टी के और फैलने से खोखला भड्डा गहरा होना जाना है और कालान्तर में एक गुहा का आकार ग्रहण कर लेता है। इन गुहाओं की रचना लहरों की शक्ति और तटीय प्लेटफॉर्म की स्थिरता पर निर्भर करती है।



लहरों के अपरदन से समुद्रतटीय गुहा टूटकर बहुत दूर स्थल की ओर चली जाती है। कालान्तर में इन गुहाओं की छत टूटकर नष्ट हो जाती है और गुहा लम्बी सीढ़ी खाइयों का रूप ले लेती है। इस प्रकार की छतविहान गुहाओं को स्कॉटलैण्ड तथा फेरा द्वीप के समुद्री तटों पर ज्यो (gyo) कहा जाता है। यहाँ ज्यो का तात्पर्य छोटी खाड़ा (creek) से होता है।

चित्र 352—समुद्री गुहाएँ

धमि छिद्र (Blow Holes or Glou.)—जब समुद्रतटीय गुहाओं पर लहरों का आक्रमण होता है तो उस समय उनका द्वार जल भर जाने से बन्द हो जाता है। इस समय गुहा के भीतर की वायु बहुत ही सकुचित हो जाती है और बाहर निकलने का प्रयास करती है। गुहा के भीतर की यह वायु कभी-कभी गुहा की छत को फाड़कर छिद्र बनाने में सफल हो जाती है। ऐसे छिद्रों को धमि छिद्र (blow holes) कहते हैं। प्रायः ये छिद्र चट्टानों के अग्र-स्तर या संध पर बनते हैं। गुहा के भीतर वायु के संचोचन और दबाव के कारण चट्टानों के बड़े-बड़े टुकड़े उखड़कर गिर जाते हैं और छिद्र अधिकाधिक चौड़े हो जाते हैं। कभी-कभी ये छिद्र सैकड़ों फुट लम्बे होते हैं। बार-बार समुद्र में लहरों द्वारा धकेली गई हवा भीटी बजाती हुई बाहर निकलती है और साथ ही पानी फव्वार के रूप में बाहर निकलता है। इसलिए इन छिद्रों को उगलने वाले छिद्र (spouting horns) भी कहते हैं। इंग्लैण्ड के वाइट द्वीप के निकट ऐसे दृश्य देखे जाते हैं।

मेहराब (Arch)—जब किसी तट पर तटीय-शैल का कुछ भाग समुद्र के भीतर फैला हुआ हो और उसमें मध्य में कोई निर्वल अण हो, तो लहरों के सतत प्रहार में उसका निर्वल अण कट जाता है और उस शैल के आर-पार छिद्र बन जाता है। कालान्तर में ये छिद्र चौड़े होकर एक विशाल द्वार का रूप ले लेते हैं जिन्हें मेहराब कहते हैं। इंग्लैण्ड के डन्कन्सवी के प्राचीन लावा बलुआ पत्थर में ऐसे मेहराब देखे जाते हैं।

अलग्न स्तम्भ (Stack and Skarries)—समुद्र में बनी मेहराब की छत जब लहरों के अपरदन अथवा अन्य कारणवश टूटकर गिर जाती है तो मुख्य शैल से उसका एक अण अलग खड़ा रह जाता है। इसे अलग्न स्तम्भ अथवा स्किर्री (Stack and Skarries) कहते हैं। इन स्तम्भों के, शैलों की बनावट के अनुसार कई आकार होते हैं। कहीं-कहीं ये स्तम्भ टापू का रूप ले लेते हैं परन्तु ये स्थायी नहीं होते। वाइट द्वीप के पश्चिम में ऐसे भू-आकार मिलते हैं।

तरंग-घाटित महावेदी (Wave Cut Platform)—समुद्री लहरें तटीय कगार पर जब निरन्तर प्रहार करती हैं तो उसके निचले भाग में कटान बन जाती है। धीरे-धीरे कटान बड़ी

होती है जिससे कगार का आधार नष्ट हो जाता है। अब कगार का ऊपरी भाग निराश्रित हो जाने से टूटकर गिर पड़ता है। लहरे इन टूटे हुए शिलाखण्डों को बहा ले जाती है। तट पर लहरों द्वारा इस प्रकार के अपरदन से महावेदी की रचना हो जाती है। इसे तरंग-वर्षित महावेदी (wave cut platform or bench) कहते हैं।



चित्र 353—मेहराब

अपतटीय सोपान (Off-shore Benches or Terraces)—कभी-कभी समुद्रतट के उथले भागों पर लहरों द्वारा समान्तर कटाव होता रहता है। धीरे-धीरे यह कटाव बढ़ता जाता है जिससे सीढ़ीनुमा कटाव हो जाता है। ऐसे कटाव को अपतटीय सोपान या वेदिका कहा जाता है।

सन्तुलित पार्श्विका (The Profile of Equilibrium)

उपयुक्त परिस्थितियों में मार्ग में कुछ अवसाद तरंग-वर्षित महावेदी (wave cut platform) के आगे गहरे जल में एकत्र होता है जिससे पुलिन वेदिका (shoreface terrace) की रचना होती है। धीरे-धीरे इस पुलिन-वेदिका का विकास होता रहता है जिससे वह एक चौड़ी दीवार का रूप ग्रहण कर लेती है। इस दीवार का ऊपरी भाग महावेदी के समान ही समतल होता है। सभी परिस्थितियों में समुद्रतट का तटीय एवं अपतटीय (off-shore) धरातल अपरदन और निक्षेप की सम्मिलित क्रियाओं का प्रतिफल होता है। अपरदन और निक्षेप दोनों ही क्रियाओं में स्थान और समय के अनुसार बड़ा विभेद देखा जाता है। उदाहरणतः, अवसाद (sediment) की प्राप्ति अपनी मात्रा और वितरण दोनों ही दृष्टियों से अनियमित होती है क्योंकि अवसाद की प्राप्ति, भूगु के क्षय, महावेदी के घर्षण तथा नदियों और धाराओं से होती है। किन्तु ये सभी साधन ऐसे हैं जिनसे अवसाद की प्राप्ति बराबर घटती-बढ़ती रहती है। अवसाद को हटाने की प्रक्रिया में भी बड़ी परिवर्तनशीलता देखी जाती है। यह प्रक्रिया प्रमुखतः तट के ढाल और समुद्र की ओर उसकी अविच्छिन्नता से प्रभावित होती है। अपेक्षाकृत तीव्र ढाल होने पर स्थल की ओर से अवसाद बड़ी शीघ्रता से हटते हैं जिससे ढाल मन्द पड़ जाता है। इसके विपरीत, मन्द ढाल होने पर स्थल की ओर पुलिन निक्षेप (beach deposition) होता है। परिणामस्वरूप ढाल तीव्र हो जाता है। इस प्रकार

समुद्रतटीय धरातल का सतत रूपान्तरण होता रहता है और यह रूपान्तरण कुछ इस प्रकार होता है कि प्रत्येक बिन्दु पर यह सही ढाल प्राप्त करता है जिससे कि आने वाले अवसाद की सम्प्राप्ति उसी शीघ्रता से हटायी जा सके जिस शीघ्रता से वह प्राप्त होती है। जब पाश्विका (profile) का निर्धारण इस प्रकार हो जाता है कि वह सन्तुलन अवस्था को प्राप्त कर लेती है तो उस अवस्था को सन्तुलित पाश्विका (profile of equilibrium) कहा जाता है। इस प्रकार अपरदन और निक्षेप दोनों की प्रवृत्ति समुद्रतट की सन्तुलित पाश्विका को जन्म देने की होती है। इससे एक ऐसे ढाल की रचना होती है जहाँ अवसाद के जमाव की मात्रा उसके हटाये जाने की मात्रा से सन्तुलित रहती है। किन्तु इस प्रकार का सन्तुलन बहुत ही अस्थायी होता है और बड़ी सरलता से भंग किया जा सकता है। उदाहरणतः, बहुत ही उच्च ज्वार और प्रचण्ड तूफान से सन्तुलन नष्ट हो जाता है परन्तु तूफान निकल जाने के उपरान्त पुनः सामान्य प्रक्रिया प्रारम्भ हो जाती है और सन्तुलन की दशा प्राप्त हो जाती है, जो तट के ऊपर उपलब्ध औसत अवस्थाओं का परिणाम है। वस्तुतः प्रत्येक प्रकार की अवस्थाओं के लिए एक उपयुक्त ढग की सन्तुलित पाश्विका होती है। जिस प्रकार अवस्थाएँ बदलती हैं उसी प्रकार वास्तविक पाश्विका में भी परिवर्तन होता रहता है।

सामुद्रिक परिवहन (Marine Transportation)

लहरे (Waves)—सामुद्रिक परिवहन का सबसे महत्वपूर्ण साधन लहरें हैं। तट के ऊपर नदियों तथा अन्य साधनों द्वारा जो पदार्थ जमा किया जाता है वह लहरों द्वारा परिवहित होता रहता है। तटों के ऊपर पदार्थों का यह परिवहन दो प्रकार से होता है।

(क) **अपतटीय बहाव (Off shore Drifting)**—जब तट के ऊपर लहरे सीधी पहुँचती हैं तो पदार्थ तट से दूर समुद्र की ओर परिवहित होता है। भग्नोर्मि (breakers) के साथ पदार्थ पुलिन (beach) के ऊपर पहुँचता है और प्रतिधावन (backwash) के साथ पुनः नीचे गहरे जल को चला आता है।

(ख) **प्रतितटीय बहाव (Long-shore Drifting)**—जब लहरें तट के ऊपर तिरछी होकर पहुँचती हैं तो तट के ऊपर पदार्थों का बहाव तट के साथ ही एक स्थान से दूसरे स्थान को होता है। लहरों के तिरछे पहुँचने पर लौटते समय पदार्थ लहरों के साथ सीधे नहीं बह पाते, क्योंकि पीछे से दूसरी लहरे तिरछी आकर टकराती हैं। अतः पदार्थ के बहने का मार्ग टेढ़ा-मेढ़ा हो जाता है। पदार्थों के इस प्रतितटीय बहाव में ज्वार की लहरों अथवा भग्नोर्मि द्वारा अधिक योग प्राप्त होता है। इंग्लैण्ड के दक्षिणी-तट पर हवाएँ तथा लहरे दक्षिण-पश्चिम दिशा में पहुँचती हैं। अतः वहाँ पदार्थों का बहाव तट के सहारे पूर्व से पश्चिम को होता है। यह प्रतितटीय बहाव का उत्तम उदाहरण है।

धाराएँ (Currents)—लहरों के अतिरिक्त धाराएँ भी सामुद्रिक परिवहन का महत्वपूर्ण साधन हैं। जब तीव्र अधोधारा (undertow) का प्रवाह होता है तो वह बटुड, बालू और पक को समुद्र की ओर बहा ले जाती है। इसी प्रकार प्रबल झंझा (strong gale) के समय पुलिन के ऊपर विशाल जलपुंज बहुत ही ऊँचाई तक जमा हो जाता है तो वह जलपुंज पुलिन से होकर पुनः लौटता है। परिणामस्वरूप तट का बड़ी मात्रा में कटाव होता है। ज्वार-लहरों भी पदार्थ के बहाव का बड़ा प्रभावी साधन हैं। तटीय-धाराएँ (long shore currents) भी प्रायः महीन पदार्थों को तट के समानान्तर निम्न ज्वार-तल (low tide level) के नीचे तक परिवहित करती हैं।

हवा (Wind)—हवा भी परिवहन का एक उल्लेखनीय साधन है। खुले हुए तटों पर बड़ी मात्रा में बालू के क्षेत्र हवा से प्रभावित होते हैं। नीचे ज्वार (low tide) के समय जब हवा

प्रचण्ड रूप से बहती है तो वह अपने साथ पर्याप्त मात्रा में बालू को स्थल के भीतर परिवहित करती है।

सामुद्रिक निक्षेप (Marine Deposition)

समुद्र के तटवर्ती भू-भाग से जो अररदिन पदार्थ प्राप्त होते हैं वे प्रायः समुद्र में निक्षेपित होते हैं। इस निक्षेपण में लहरो के साथ-साथ धाराएँ भी सहायता करती हैं। समुद्र में लहरो का प्रभाव कम गहराई तक सीमित होता है। इसलिए भूमि से प्राप्त पदार्थ समुद्र में गहराई तक नहीं पहुँच पाते। अधिकांश पदार्थ ज्वार की नीची जल-गति से परे ही पहुँच पाते। कभी-कभी बारीक पदार्थ ज्वार के नीचे जल में दूर पहुँच जाते हैं, जिसमें मग्नतटों की रचना होती है।

समुद्र में पदार्थों का निक्षेपण क्रम में होता है। पहले भारी गिलाखण्ड जमा होते हैं और बाद में छोटे, अन्त में बालू और मिट्टी रहती है। किन्तु लहरो के वेग में अन्तर पट्टे पर कभी-कभी यह क्रम भंग हो जाता है। समुद्र में पदार्थों के निक्षेप के स्तर बिछते जाते हैं जो कालान्तर में अवसादी शैलों का रूप ले लेते हैं।

सामान्यतः नदियों द्वारा बहाकर लाये गये पदार्थ और तट-भूमि के अपरदन से प्राप्त पदार्थ लहरो द्वारा समुद्र में जमा दिये जाते हैं, परन्तु सदा ही ऐसा नहीं होता। यदि कोई धारा तट से सटकर बहती है तो बालू, मृदा आदि पदार्थ तट के सहारे उसके साथ बहेंगे। इस प्रकार यद्यपि पदार्थ भूमि के एक भाग में दटा दिये जाते हैं परन्तु वे भूमि के दूसरे भाग में जमा कर दिये जाते हैं। उदाहरणार्थ इंग्लैण्ड के पूर्वि-तट पर समुद्र कंठ स्थानों पर भूमि की ओर आगे बढ़ रहा है परन्तु वाश (Wash) और रोमनी मार्श (Romney Marsh) आदि स्थानों पर समुद्र में भूमि का विस्तार हो रहा है। यहाँ भूमि का यह विस्तार कुछ अणों में समुद्र के प्रभाव के फलस्वरूप ही हो रहा है। धाराओं द्वारा पदार्थों का तट के सहारे बहाव इंग्लैण्ड के पूर्वी और दक्षिणी तट पर स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है।

समुद्र में लहरो और धाराओं द्वारा पदार्थों के निक्षेपण से अनेक आकृतियाँ बन जाती हैं। ये आकृतियाँ निक्षेप की स्थिति एवं ज्वार-भाटा तथा लहरो और धाराओं की परिस्थितियों पर निर्भर करती हैं। निक्षेप की कुछ विशेष आकृतियाँ का वर्णन नीचे दिया जा रहा है।



चित्र 354—तरंग-जनित महावेदी

इस प्रकार की वेदिकाओं को तरंग-जनित महावेदी कहते हैं।

पुलिन कूट (Beach Ridges)—जिन पुलिन तटों पर निरन्तर पदार्थों का निक्षेपण होता रहता है वहाँ पुलिन कूटों की रचना हो जाती है। गिल्बर्ट के मतानुसार जब प्रवाहित बालू लहरों द्वारा पुलिन के समुद्रान्मुख भाग की ओर धकेल दी जाती है तो कूट की रचना हो जाती है, किन्तु ऐसा तूफान के समय ही होता है। ये कूट कहीं-कहीं पिछले गड्ढों द्वारा अलग कर दिये जाते हैं। इन गड्ढों को स्वेल्स (swales) कहा जाता है। जब प्रचुर मात्रा में पदार्थ उपलब्ध होता है तो पुलिन कूटे शीघ्रता से बढ़ती हैं। संलग्न भूमियों के सिरो पर इसका विस्तार और भी तेजी से होता है। न्यूयार्क के निकट रोकवे पुलिन के सिर पर तेईस वर्ष की अवधि में पाँच कूटे

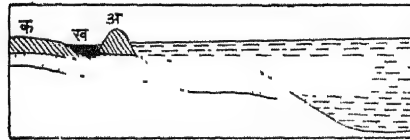
तरंग-जनित महावेदी (Wave-built Platform)—लहरे तटीय कगार एवं तट के अपरदन से जो पदार्थ प्राप्त करती हैं उसका कुछ अंश समुद्र के भीतरी भाग का परिवहित हो जाता है और कुछ समुद्र के उथले तट पर इस निक्षेप से वेदिकाएँ बन जाती हैं। ये वेदिकाएँ प्रायः जलमग्न रहती हैं, परन्तु कभी-कभी ये जल की सतह के ऊपर भी निकल आती हैं। समुद्र में बनी

बन गयी। फ्लोरिडा तथा इंगेनेस जैसी चौड़ी पुलिनों पर प्रायः कई कूटे देखी जाती हैं। ये कूटे एक सिरे से दूसरे सिरे तक लगभग 200 फुट की दूरी पर स्थित हैं।

पुलिन उभयाग्र (Beach Cusps)—जब पुलिन तट के सहारे लगभग समान दूरी पर बालू तथा अन्य अवसाद का त्रिकोण के रूप में निक्षेपण होता है तो उसे पुलिन उभयाग्र कहा जाता है। त्रिकोण निक्षेप का लम्बा शीर्ष समुद्र की ओर अभिमुख होता है। इनकी रचना लहरों द्वारा समुद्र की ओर प्रक्षिप्त स्थल के अपरदन तथा खाड़ियों में निक्षेपण के कारण होती है। जब कभी तूफानी लहरें आती हैं, इनको यथायक भ्रष्ट कर पुनः एकसे ढाल वाले तट का निर्माण कर देती हैं।

पुलिन (Beaches)—लहरों द्वारा तट अपरदन से जो पदार्थ प्राप्त होता है वह अधिकांशतः तट के समीप ही हो जाता है। इस निक्षेप के फलस्वरूप तट के समीप का क्षेत्र उथला हो जाता है। जलमग्न तट का यह उथला क्षेत्र ही पुलिन (beach) कहलाता है। मोन्कहाउस के अनुसार वह क्षेत्र जो दीर्घ ज्वार की नीची जल-सीमा और तूफानी लहरों के उच्चतम बिन्दु के मध्य स्थित होता है और जिस पर पदार्थों का निक्षेपण होता है, पुलिन कहते हैं। इस पुलिन क्षेत्र पर ऊँची तूफानी लहरों के समय ही पानी पहुँच पाता है। पुलिन की रचना बालू, कंकड़ एवं पत्थरों से होती है। पुलिन पर एकत्रित पदार्थों का श्रेणीकरण होता है। भारी तथा मोटा पदार्थ तटीय कमारों के निकट रहता है। आगे कंकड़ एवं बालू जैसे हल्के पदार्थ रहते हैं। पुलिन की आकृति प्रायः चन्द्राकार होती है। अधिक बालू तटों पर जहाँ अपरदन तीव्र होता है, पुलिन का अभाव देखा जाता है वहाँ भृगु के नीचे केवल रोड़े तथा बटुड़े राशि एकत्रित रहनी हैं। इसके विपरीत कम ढाल वाले तटों पर रेतीला क्षेत्र मिलता है जो बहुत ही मन्द रूप में ढालू होता है। नीचे ज्वार के समय इस रेत का विशाल क्षेत्र पानी के बाहर निकल आता है, जैसा दक्षिणी-पश्चिमी लंकाशायर तट के सहारे मरकाम्बे खाड़ी के वहाँ देखा जाता है। चट्टानी तटों पर बनी खाड़ियों तथा कटानों के सिरो पर प्रायः रेत का एक छोटा चन्द्राकार रूप बन जाता है, इनको **संयमिका पुलिन (bay head or pocket beaches)** कहते हैं। इनकी रचना पीछे हटते हुए समुद्रतट पर होती है। संयुक्त राज्य अमेरिका के न्यू-जर्सी तट पर ऐसी पुलिन देखी जाती हैं।

जब किसी निचले तटीय प्रदेश में पुलिन की रचना समुद्र तट के समान्तर होती है तो वह **रोधी-पुलिन (barrier beach)** कहलाती है। ऐसी पुलिनो की रचना जब केवल बालू से होती है तो उसे बालू की दीवार (sand wall) कहा जाता है। भारत के पश्चिमी तट पर बालू की ऐसी दीवारें मिलती हैं। जब कभी नदियों द्वारा समुद्रतट पर निक्षेप अधिक होता है तो रोधी पुलिन समुद्र की ओर आगे खिसक जाती हैं। ऐसी अवस्था में रोधी पुलिनो एवं तट के मध्य में झीले बन जाती हैं जिन्हें **अनूप (lagoon)** कहा जाता है। रोधी पुलिन की रचना उसी अवस्था में होती है जब पदार्थों का परिवहन तट के समान्तर होता है।



पुलिन तट एक अस्थायी रूप है। समुद्र की शक्तिशाली तरंगें कुछ ही घण्टों में उनके आकार को भ्रष्ट कर देती हैं। यदि पुलिनो की वृद्धि निरन्तर होती रहे तो जलमग्न तट का विस्तार सकुचित होता जायगा।

अपतटीय बलुई भित्ति (Offshore Bar)—जब लहरों द्वारा निर्मित बलुई भित्ति तट से दूर खुले समुद्र में बनती है तो उसे अपतटीय बलुई भित्ति कहते हैं। सामान्यतः यह तट-रेखा

चित्र 355—(ख) अनूप, (अ) अवरोधक पुलिन, (क) महादीपीय सागर

के समान्तर होती है। इसका ऊपरी भाग जल की सतह से ऊपर उठा हुआ रहता है। इसकी रचना के सम्बन्ध में विद्वानों में बड़ा मतभेद है किन्तु यह सर्वमान्य तथ्य है कि इनकी रचना लहरों के निक्षेपण द्वारा होती है। वैसे इनकी रचना अनेक कारणों की मिली-जुली प्रतिक्रिया का फल है। सम्भवतः तट के ऊपर लहरों की क्रिया, पुलिन पर लहरों की प्रतिधावन और तटों पर चलने वाली तटीय धाराएँ (long-shore currents) सब इसकी रचना में योग देती हैं। कालान्तर में इन बलुई भित्तियों के पीछे दलदल (marshes), पंक क्षेत्र (mud flats) और अनूप (lagoons) आदि विकसित हो सकते हैं। कभी-कभी भित्ति लहरों के आक्रमण के कारण स्थल की ओर खिसक जाती है। संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिण-पश्चिम में इसके उदाहरण मिलते हैं।

संलग्न भित्तियाँ (Spits)—जब लहरों द्वारा निर्मित भित्ति का एक सिरा स्थल से संलग्न



रहता है और दूसरा समुद्र की ओर निकला होता है तो उसे संलग्न भित्ति (spit) कहा जाता है। यह बालू अथवा बट्टड़ दोनों में से किसी एक अथवा दोनों पदार्थों से बनती है। यदि इन भित्तियों का समुद्राभिमुख सिरा नुकीला होता है तो 'इन्हे शिखर (cusp) कहते हैं। हैम्पशायर तट पर हर्स्टकैसल संलग्न भित्ति अपनी अद्भुत आकृति के कारण संलग्न भित्ति का अनुपम उदाहरण प्रस्तुत करती है।

चित्र 356—संलग्न भित्ति और बालू पुलिन

संयोजक रोधिका या अर्गला (Connecting Bar or Tombolo)—जब कभी लहरों द्वारा ऐसी संलग्न भित्तियों का निर्माण होता है जो तटवर्ती छोटे-छोटे द्वीपों के परस्पर हों अथवा किसी द्वीप को मुख्य स्थल से जोड़ती हों तो उन्हें संयोजक रोधिका (connecting bar) कहा जाता है। इटली में ऐसी भित्तियों को संयोजक अर्गला (tombolo) कहते हैं।



चित्र 357—संयोजक अर्गला तथा अनूप



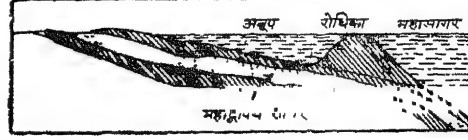
चित्र 358—अंकुश

अंकुश (Hook)—जब किसी संलग्न भित्ति का एक सिरा टेढ़ा हो जाता है तो उसे अंकुश (hook) कहा जाता है। कभी-कभी एक ही संलग्न भित्ति में कई टेढ़े सिरे बन जाते हैं। ऐसे अंकुश बहुमुखी अंकुश (compound hook) कहलाते हैं। अंकुश के निर्माण में तिरछी लहरों का विशेष महत्व है। इंग्लैण्ड में हम्बर नदी के मुहाने से कुछ दूर स्पेर्नहेड के समीप अंकुश के सुन्दर रूप देखे जा सकते हैं।

धन्वाकार रोधिका (Looped Bar)—जब किसी संलग्न भित्ति का समुद्राभिमुख सिरा मुड़कर संयोजक रोधिका का रूप ग्रहण करते-करते पुनः स्थल से आ मिले तो उसे धन्वाकार रोधिका कहते हैं। कभी-कभी जब किसी द्वीप के चारों ओर संलग्न भित्ति का निर्माण हो जाता है, तो वह धन्वाकार रोधिका बन जाती है।

खाड़ी रोधिका (Bay Bar)—यदि किसी संलग्न-भित्ति की लम्बाई में विकास होता रहे तो वह अन्त में खाड़ी के दोनों सिरों को जोड़ देती है जिससे खाड़ी-रोधिका (bay bar) बन जाती है। प्रायः भूमि और रोधिका के बीच अनूप तथा दलदल स्थापित हो जाते हैं। डिंगल की खाड़ी (Dingle Bay) के समीप ऐसी ही रोधिका पायी जाती है।

उभयाग्र रोधिका एवं डंगनेस (Cuspate Bar and Forelands)—सामान्यतः दो संलग्न भित्तियों के परस्पर मिल जाने पर जो रोधिका बन जाती है उसे उभयाग्र रोधिका (cuspate bar) कहा जाता है। इसी प्रकार जब दो संलग्न भित्तियों का एकसमान अभिसरण होता है तो उसे उभयाग्र अग्र प्रदेश (cuspate foreland) कहा जाता है। इन्हें डंगनेस (dungness) के नाम से भी पुकारते हैं। चित्र 359—अनूप, रोधिका एवं महाद्वीपीय सागर फ्लोरिडा के तट पर इसके सुन्दर उदाहरण देखने को मिलते हैं।



32

अपरदन चक्र की संकल्पना (THE CONCEPT OF CYCLE OF EROSION)

अपरदन चक्र की संकल्पना का प्रमुख प्रणेता स्कॉटिश भू-विज्ञानवेत्ता जेम्स हटन था। सन् 1785 में अपने भू-वैज्ञानिक निरीक्षणों के समय उसका ध्यान इस ओर आकर्षित हुआ। उसने विभिन्न क्षेत्रों में अपरदन के कार्यों को देखकर कहा कि 'There is no vestige of a beginning; no prospect of an end,' अर्थात् 'न तो आदि का कोई लक्षण है और न अन्त की कोई आशा।' उसका यही विचार अन्त में अपरदन चक्र की संकल्पना में परिणत हुआ। 19वीं शताब्दी में प्रसिद्ध अमरीकी भूगोलवेत्ता विलियम मोरिस डेविस ने अपरदन चक्र की धारणा को विव्रित प्रस्तुत किया। डेविस की मान्यता है कि धरातल पर किसी भी दृश्य भूमि (landscape) का निर्माण तथा उसका विकास यथायक ही नहीं हो जाता। यह विकास एक विशेष प्रक्रम (process) द्वारा कई अवस्थाओं (stages) में होकर एक चक्र रूप में सम्पन्न होता है। अपने विचार को स्पष्ट करते हुए उसने बताया कि पृथ्वी पर आन्तरिक और बाह्य दो प्रकार की शक्तियाँ कार्य करती हैं। आन्तरिक शक्तियों में ज्वालामुखी, भूकम्प तथा पटल विरूपण की शक्तियाँ आती हैं जो धरातल पर विषमता उत्पन्न करती हैं। दूसरे शब्दों में, इनके द्वारा धरातल पर पर्वत, पठार, मैदान, झीलों व समुद्र आदि का निर्माण होता है। बाह्य शक्तियों में, अपक्षय तथा अपरदन के सभी साधन (सूर्य, पाला, वर्षा, नदी, हिमनदी, पवन, भूमिगत जल तथा समुद्री लहरें आदि) आते हैं जो आन्तरिक शक्तियों द्वारा उत्पन्न धरातल की विषमताओं को मिटाने का कार्य करती हैं। इसीलिए इनको समतल स्थापक शक्तियाँ (forces of gradation) कहा जाता है। इन शक्तियों के वशीभूत धरातल का कोई भी ऊँचा उठा हुआ स्थल खण्ड कट-कटाकर समतल प्रायः हो जाता है। किन्तु समतल होने की क्रिया कई अवस्थाओं (तरुण, प्रौढ़ तथा जीर्ण) में सम्पूर्ण होती है। इस प्रकार उस अवधि तथा विभिन्न अवस्थाओं के सम्मिलित रूप को, जिससे होकर एक ऊँचा उठा हुआ स्थल खण्ड अपसम और अपरदन द्वारा समतल रूप में बदल जाता है, अपरदन चक्र कहते हैं। डेविस ने इस अपरदन चक्र को भौगोलिक चक्र (geographical cycle) भी कहा है। उसने इसकी परिभाषा करते हुए कहा है कि भौगोलिक चक्र समय की वह अवधि है जिसके अन्दर एक उत्थित स्थल-खण्ड अपरदन की प्रक्रिया द्वारा एक आकृतिहीन नीचे समतल मैदान में बदल जाता है। सामान्यतः विद्वानों ने डेविस के अपरदन चक्र को स्वीकार किया है, किन्तु वोरसेस्टर (P. G. Worcester) आदि कई विद्वान डेविस के भौगोलिक चक्र को केवल अपरदन चक्र कहना ही अधिक युक्तिसंगत मानते हैं। वोरसेस्टर ने अपरदन चक्र की परिभाषा निम्न प्रकार दी है : "The cycle of erosion is the time required for streams to reduce newly formed landmass to base

level.” अर्थात् अपरदन चक्र एक समय है जिसके अन्तर्गत नदियाँ एक नवीन उत्थित स्थलखण्ड को काटकर आधार तल को पहुँचा देती हैं।

यहाँ अपरदन चक्र (cycle of erosion) तथा भू-आकृतिक चक्र (geomorphic cycle) के बीच के अन्तर को स्पष्ट समझ लेना समीचीन होगा। ऊपर जैसा बताया गया है कि अपरदन चक्र एक अवधि है लेकिन उस अवधि में उत्पन्न दृश्य-भूमि (landscape) भू-आकृतिक चक्र का प्रतिफल होती है। इस प्रकार वोरसेस्टर के शब्दों में Geomorphic cycle is the topography developed during the various stages of cycle of erosion. अर्थात् भू-आकृतिक चक्र से आशय उस स्थलाकृति से है जो अपरदन चक्र के दौरान विभिन्न अवस्थाओं में विकसित होती है। डेविस ने तो दृश्य-भूमि के विकास में अनेक उपकरणों का उल्लेख कर उनकी विशद विवेचना भी प्रस्तुत की है। डेविस ने अपने भौगोलिक चक्र की व्याख्या पर यह स्पष्ट कर दिया है कि अपरदन चक्र की समाप्ति पर चट्टानों की संरचना के साथ-साथ अपरदन के माधनो (agents of erosion) की भी महत्वपूर्ण भूमिका होती है। इस प्रकार अपरदन चक्र का स्वभाव उसमें भाग लेने वाले प्रक्रम (process) अर्थात् अपरदन के साधनो—नदी, हिमानी, भूमिगत जल, पवन तथा समुद्री लहरों—के अनुरूप निर्धारित होता है। अपरदन चक्र भिन्न-भिन्न प्रक्रमों द्वारा सम्पन्न होते हैं। इस आधार पर अपरदन चक्रों के कई भेद किये गये हैं, जैसे (1) अपरदन का सामान्य चक्र (Normal cycle of erosion or River cycle of erosion), (2) पवन अपरदन चक्र (Wind cycle of erosion), (3) हिम अपरदन चक्र (Glacial cycle of erosion), (4) समुद्री तरंग अपरदन चक्र (Wave cycle of erosion) आदि। उपर्युक्त अपरदन चक्रों के अनुसार भू-आकृतिक चक्र भी भिन्न-भिन्न होते हैं। डेविस ने प्रायः सभी प्रक्रमों द्वारा भौगोलिक चक्र तथा भू-आकृतिक चक्र का वर्णन किया है और साथ ही भौगोलिक चक्र तथा भू-आकृतिक चक्र के सिद्धान्त को सभी प्रकार की दृश्य-भूमि के विकास के लिए लागू किया है। किन्तु अनेक विद्वान डेविस के इस मत से सहमत हैं।

डेविस ने सन् 1899 में अपने भौगोलिक चक्र की संकल्पना को प्रतिपादित किया। तब से इस संकल्पना को महत्व बराबर बना हुआ है। यद्यपि कई विद्वानों ने इसकी आलोचना की है और चक्र शब्द को भ्रामक बताया है किन्तु अपरदन चक्र की मूल धारणा से सभी सहमत हैं। फलस्वरूप डेविस के बाद प्रायः सभी प्रक्रमों (अपरदन के कारक, नदी, हिम नदी, भूमिगत जल, पवन तथा समुद्री लहरों) के साथ चक्रीय पद्धति को जोड़ कर अध्ययन किया जान लगा। डेविस ने सन् 1905 में ‘शुष्क अपरदन चक्र’ (arid cycle of erosion) के विचार को रखा। उसके बाद बीदी ने 1911 में, स्वीजिक ने 1918 में तथा सैण्ड्स ने 1921 में ‘कास्ट अपरदन चक्र’ की धारणा को प्रस्तुत किया। इसके बाद अन्य कई विद्वानों ने ‘हिमानी अपरदन चक्र’, ‘परिहिमानी अपरदन चक्र’ तथा ‘सागरीय अपरदन चक्र’ की संकल्पनाओं को प्रतिपादित किया।

सी० एच० क्रीक ने सन् 1933 में डेविस के अपरदन चक्र में संशोधन कर डेविस के ‘पेनीप्लनेशन’ के स्थान पर ‘पानप्लनेशन’ को उचित बताया। कई अन्य विद्वानों ने जब भूपटल के कुछ भागों में निमित्त स्थल रूपों को स्पष्ट करने के लिए डेविस के भौगोलिक चक्र को अपर्याप्त पाया तो उन्होंने नवीन चक्रों का प्रतिपादन कर डाला। उदाहरणतः सन् 1948 में एल० सी० किंग ने अफ्रीका के शुष्क तथा सवाना प्रदेशों के स्थल रूपों के विकास को स्पष्ट करने के लिए ‘पेडीप्लनेशन चक्र’ को प्रस्तुत किया। सन् 1950 में पेलिटियर नामक विद्वान ने परिहिमानी क्षेत्रों में कांजेली फ्रैक्शन तथा कांजेलीटर्वेशन के प्रक्रमों द्वारा ‘परिहिमानी अपरदन चक्र’ (periglacial cycle of erosion) का विचार प्रस्तुत किया। सन् 1966 में पफ तथा टामस ने अफ्रीका के शुष्क तथा अर्ध शुष्क सवाना प्रदेशों में भू-आकृतियों के विकास के लिए ‘सवाना अपरदन चक्र’ की नवीन

संकल्पना को जन्म दिया। डेविस के अपरदन चक्र को स्ट्रावर (1952), हैक (1960) तथा शोर्ले (1962) ने भ्रामक बताया और कहा है कि 'जब तक अपरदनात्मक तथा निक्षेपात्मक क्रियाओं को नियन्त्रित करने वाले कारकों में कोई परिवर्तन नहीं होता, तब तक स्थल रूपों में समय के अनुसार कोई नया परिवर्तन नहीं होता।' इस प्रकार इन लोगों ने डेविस के अपरदन चक्र का खण्डन कर उसके स्थान पर 'गतिक सन्तुलन सिद्धान्त' (Dynamic Equilibrium Theory) को प्रस्तुत किया।

उत्थान एवं अपरदन चक्र (Upliftment and Cycle of Erosion)

यद्यपि इस बात से सभी सहमत हैं कि दृश्य-भूमि (Landscape or Landform of Topography) का विकास अपरदन का परिणाम है और अपरदन चक्र का प्रारम्भ किसी भी स्थलखण्ड के उत्थान के साथ होता है, किन्तु मतभेद इस बात पर है कि उत्थान और अपरदन के बीच वास्तविक सम्बन्ध क्या है? क्या उत्थान और अपरदन साथ-साथ चलते हैं या उत्थान के बाद अपरदन प्रारम्भ होता है? क्या उत्थान और अपरदन चक्र की समाप्ति तक चलता रहता है या उत्थान पहले ही समाप्त हो जाता है? इस प्रकार उत्थान और अपरदन के बीच अनेक सम्भावनाएँ हो सकती हैं। इस सम्बन्ध में अलग-अलग विद्वानों के अलग-अलग विचार हैं। डेविस की मान्यता है कि जब स्थलखण्ड का उत्थान पूर्णतया समाप्त हो जाता है उसके बाद ही अपरदन शुरू होता है। इसके विपरीत वाल्टर पेंक की धारणा है कि स्थलखण्ड का उत्थान और उसका अपरदन साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं और कुछ समय उपरान्त उत्थान समाप्त हो जाता है और अन्त में केवल अपरदन ही सक्रिय रहता है। स्थलखण्ड के उत्थान और अपरदन के मध्य उपर्युक्त दोनों संयोगों के आधार पर डेविस तथा पेंक की भौगोलिक चक्र की विचारचाराओं का विस्तृत विवेचन आगे किया जा रहा है।

डेविस का भौगोलिक चक्र (Concept of W. M. Davis on Geographic Cycle of Erosion)

सामान्य परिचय—भूगोल में अपरदन चक्र की धारणा डेविस की एक महान देन है। डेविस ने सर्वप्रथम 1899 में अपरदन चक्र की धारणा को प्रस्तुत करते हुए कहा कि भूपटल पर किसी भी स्थल रूप (landform) का आविर्भाव अचानक ही नहीं हो जाता अपितु वह विकास की अनेक अवस्थाओं—युवावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा जीर्णावस्था—से होकर गुजरता है। संक्षेप में प्रत्येक स्थल रूप का अन्तिम स्वरूप अपरदन के चक्रीय रूप का प्रतिफल होता है। अर्थात् जहाँ से अपरदन प्रारम्भ होता है, एक नियत समय के बाद वहाँ पर समाप्त हो जाता है। डेविस के अनुसार अपरदन चक्र समय की एक अवधि है जिसके अन्तर्गत एक उत्थित स्थलखण्ड अपरदन के प्रक्रम द्वारा अपरदित होकर, एक आकृतिविहीन समतल मैदान में बदल जाता है। "The cycle of erosion is a period of time during which an uplifted landmass undergoes its transformation by process of land sculpture ending in low featureless plain."

अपरदन के चक्र में भूपटल पर विभिन्न प्रकार की दृश्य भूमियों (landscapes) का विकास होता है। इन दृश्य भूमियों के विकास में चक्रीय पद्धति का प्रयोग डेविस की संकल्पना का महत्वपूर्ण बिन्दु है। डेविस के अनुसार कोई भी 'दृश्य-भूमि' संरचना, प्रक्रम और अवस्था का परिणाम होती है—“A landscape is a function of structure, process and stage.” दृश्य-भूमि के विकास में इन तीनों तत्त्वों के महत्व का यहाँ थोड़ा विश्लेषण कर देना समीचीन होगा।

संरचना (Structure)—संरचना से अर्थ यहाँ भूपटल पर दिखाई पड़ने वाले स्थल-रूपों से नहीं है, अपितु संरचना से तात्पर्य एक प्रदेश की कुल भू-तात्विक रचना से है, अतः किसी भी स्थान की संरचना में विभिन्न खनिजों एवं रासायनिक मूल तत्वों का योग ही प्रभावशाली होता है अर्थात् किसी स्थान की चट्टानें ठोस पिण्डवत हैं अथवा अवसादी, सरन्ध्र हैं अथवा अरन्ध्र, कठोर

हैं अथवा मुलायम। इस प्रकार किसी स्थान की संरचना भौतिक अथवा रासायनिक किसी भी प्रतिक्रिया का फल हो सकती है।

यदि हम किसी प्रदेश और उसमें विकसित दृश्य-भूमि का भली प्रकार ज्ञान प्राप्त करना चाहें तो पहले हमें उस प्रदेश की संरचना को स्पष्ट समझना होगा। यदि कोई प्रदेश संरचना की दृष्टि से एक इकाई है तो उसका एक या दो शब्दों में ज्ञान कराया जा सकता है, जैसे मैदान, पठार, अवरोधी पर्वत, गुम्बदाकार पर्वत, वलित पर्वत व ज्वालामुखी आदि। इन शब्दों द्वारा संरचना का न केवल विवरण ही ज्ञात होता है, अपितु इनसे संरचना की व्याख्या प्राप्त हो जाती है।¹

किसी स्थान पर इस संरचना का महत्त्व ही सर्वोपरि होता है, क्योंकि संरचना का प्रभाव वहाँ के अन्य सभी भू-आकारों पर होता है। वस्तुतः संरचना का निर्माण प्रथम क्रिया है और भू-आकारों का निर्माण बाद की घटना है।² इस प्रकार कहीं पर भी संरचना का निर्माण पहले हो चुका होता है अथवा पटल-विरूपण द्वारा वह धीरे-धीरे भी हो सकता है। किन्तु भू-आकारों का विकास बाद में ही होता है। फलस्वरूप भू-आकारों के निर्माण में संरचना की अमिट छाप रहती है। जैसा कि थार्नबरी ने कहा है, "Geologic structure is a dominant control factor in the evolution of landforms."³

यद्यपि भू-आकारों के विकास में संरचना का महत्त्वपूर्ण हाथ रहता है किन्तु कहीं-कहीं पर उसका प्रभाव दृष्टिगोचर नहीं होता। लेकिन इससे यह निष्कर्ष निकालना गलत होगा कि वहाँ भू-आकारों के विकास में संरचना का कोई स्थान नहीं है। वस्तुतः संरचना का कार्य तो चल रहा होता है परन्तु हम उसके प्रभाव को देखने में असफल रहते हैं।

प्रक्रम (Process)—दृश्य-भूमि के विकास में जहाँ संरचना की स्पष्ट छाप होती है वहाँ प्रक्रम का भी कम प्रभाव नहीं होता। स्थल की मूल आकृति को बदलने में प्रक्रम का महत्त्वपूर्ण हाथ रहता है। अतः किसी भी प्रदेश में दृश्य-भूमि का विकास प्रक्रम का फल है। प्रो० थार्नबरी के शब्दों में भू-आकृतिक प्रक्रम स्थलरूपों पर अपनी अमिट छाप छोड़ते हैं तथा प्रत्येक भू-आकृतिक प्रक्रम स्वयं का स्थल रूपों का विशिष्ट समुदाय विकसित करता है। ("Geomorphic process leave their distinctive imprints upon landforms and each geomorphic process develops its own characteristic assemblage of landform.") प्रक्रिया निर्माणकारी अथवा विध्वंसकारी कौसी भी हो सकती है। किन्तु प्रत्येक प्रकार के प्रक्रम का प्रभाव भिन्न-भिन्न होता है। अतः जिस प्रदेश में जो प्रक्रम कार्यशील होता है वहाँ दृश्य-भूमि का विकास उसी के अनुरूप होता है। जैसे यू-आकार की घाटियाँ हिमानियों द्वारा और बाढ़ के मैदान की रचना नदियों द्वारा ही होती है। यह सम्भव है कि कहीं पर केवल एक ही प्रक्रम सक्रिय हो। ऐसी दशा में प्रक्रम का निर्णय करना बहुत ही सहज होता है और एक शब्द-मात्र से समस्त प्रक्रम का कार्य समझ में आ जाता है। उदाहरणतः हिम-प्रभावित (glaciated), वायु द्वारा अपरदित (wind eroded), लहर द्वारा निर्मित (wave-cut) तथा नदी द्वारा अपक्षयित (river dissected) आदि। कहीं-कहीं पर निर्माणकारी एवं विध्वंसकारी दोनों ही प्रकार के प्रक्रम साथ-साथ कार्य कर सकते हैं। इस प्रकार दृश्य-भूमि का विकास दोनों के सम्मिलित प्रभाव से भी हो सकता है।

प्रक्रम स्थलाकृति के निर्माण का महत्त्वपूर्ण साधन है। अतः जब हम किसी भी स्थलाकृति अथवा दृश्य-भूमि का यथोचित ज्ञान करना चाहें तो हमें पहले उसके विकास के प्रक्रम को ही

¹ "The structural features of rocks are much older than the geomorphic forms developed upon them."
—W. D. Thornbury

² W. D. Thornbury, *Principles of Geomorphology*, p. 17

³ A. K. Lobeck : *Geomorphology*, p. 15

समझना पड़ेगा। अतः हमें यह ज्ञात होना चाहिए कि कौन-कौन से प्रक्रम हैं, और किस प्रक्रम का क्या परिणाम होता है। अर्थात् विभिन्न प्रक्रम स्थलरूपों को कैसे और किस सीमा तक प्रभावित करते हैं। प्रक्रमों के कार्य एवं प्रभाव के आधार पर ही दृश्य-भूमियों का भली प्रकार अध्ययन किया जा सकता है।

अवस्था (Stage)—एक विशिष्ट संरचना के स्थलखण्ड पर प्रक्रम के प्रभाव को अवस्था द्वारा ही भली प्रकार समझा जा सकता है। दूसरे शब्दों में, प्रक्रम किस सीमा तक अपना कार्य कर चुका है, यह अवस्था से ज्ञात होता है। अवस्था को बताने के लिए युवावस्था (youthful stage), प्रौढ़ावस्था (mature stage) एवं वृद्धावस्था (old stage) आदि शब्दों का प्रयोग किया जाता है। किन्तु 'अवस्था' शब्द के प्रयोग के सम्बन्ध में विद्वानों में मतभेद रहा है, क्योंकि इसका प्रयोग भिन्न-भिन्न अर्थों में किया गया। कुछ विद्वानों ने 'अवस्था' शब्द का अर्थ दृश्य-भूमि के विकास में लगे समय से लिया है। पर अवस्था दृश्य-भूमि के विकास में प्रयुक्त समय का ज्ञान कराये यह जरूरी नहीं है। विभिन्न संरचना के प्रदेशों में प्रक्रमों द्वारा दृश्य-भूमि की रचना शीघ्र भी हो सकती है और देरी से भी। वस्तुतः प्रक्रमों द्वारा धरातल पर प्रयुक्त समय का उसके प्राप्त भू-आकार से कोई विशेष सम्बन्ध नहीं है। सभी प्रक्रम धरातल की संरचना से नियन्त्रित होते हैं और कम-अधिक समय में विशिष्ट अवस्था को जन्म देते हैं। एक कमजोर संरचना वाले प्रदेश में स्थलाकृति की युवा एवं परिपक्वावस्थाएँ शीघ्र पार हो सकती हैं, जबकि कठोर संरचना की भूमि पर एक लम्बे समय तक युवावस्था बनी रह सकती है। अतः अवस्था से यहाँ तात्पर्य दृश्य-भूमि के विकास में परिवर्तन की एक निश्चित स्थिति से है। जैसा कि वोन एन्जिल ने कहा है—“Stage is meant to indicate that its development by process has proceeded to a given one of the characteristic points in the series of changes that must ensue between a beginning and an end condition.”¹

संरचना, प्रक्रम और अवस्था के उपरोक्त विश्लेषण से यह स्पष्ट है कि दृश्य-भूमि (landscape) का विकास कोई आकस्मिक घटना नहीं है अपितु उसकी रचना में तीनों बातें महत्वपूर्ण हैं। अतः डेविस (W. M. Davis) का यह कथन कि दृश्य-भूमि का विकास संरचना, प्रक्रम और अवस्था का संयुक्त फल है¹ (Landscape is a function of structure, process and stage.) युक्तिसंगत प्रतीत होता है।

उत्थान तथा अपरदन (Upliftment and Erosion)

भूगोल तथा भू-आकृतिक विज्ञान के क्षेत्र में अपरदन चक्र का विचार सर्वप्रथम डेविस ने प्रस्तुत किया था। इसलिए डेविस को अपरदन चक्र की विचारधारा का पिता कहा जाता है—“W. M. Davis is said to be the father of the concept of cycle of erosion.” डेविस ने अपरदन चक्र की धारणा का प्रयोग अपरदन के सभी प्रक्रमों—नदी, हिमनदी, पवन, समुद्री तरंग आदि के लिए किया है और इस प्रकार अपरदन चक्र की विचारधारा को एक व्यापक रूप प्रदान किया।

अपरदन चक्र के सम्बन्ध में डेविस का मत

डेविस किसी भी अपरदन चक्र का प्रारम्भ स्थलखण्ड का उत्थान मानते हैं। उनके मतानुसार स्थलखण्ड के उत्थान की अवधि छोटी होती है और जब तक स्थलखण्ड का उत्थान पूर्ण नहीं हो जाता तब तक अपरदन प्रारम्भ नहीं होता। इस प्रकार स्थलखण्ड के उत्थान के दौरान अपरदन नहीं होता है। किन्तु प्रयोग में यह बात सम्भव नहीं जान पड़ती। सामान्यतः समुद्रतल से किसी

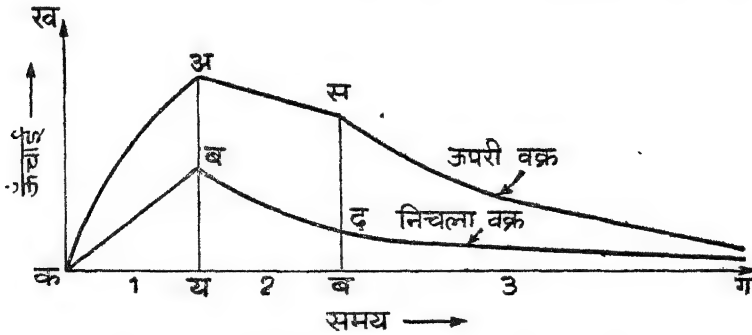
¹ O. D. Von Engel : *Geomorphology*, p. 76

स्थलखण्ड के ऊपर उठते ही उस पर अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। लेकिन डेविस के अपरदन चक्र में सबसे उल्लेखनीय बात यही है कि अपरदन और उत्थान कहीं पर भी साथ-साथ नहीं चलते। स्थलखण्ड के उत्थान के बाद ही अपरदन कार्यशील होता है।

उत्थान	अपरदन	चक्र का अन्त
(छोटी अवधि)	(लम्बी अवधि)	

अपरदन चक्र का ग्राफ द्वारा प्रदर्शन—यहाँ डेविस के अपरदन चक्र को ग्राफ द्वारा स्पष्ट करने का प्रयास किया गया है। नीचे दिये गये चित्र में क ख एक लम्बवत रेखा है, जिसके सहारे स्थलखण्ड की ऊँचाई तथा क्षैतिज रेखा क ग के सहारे समय को प्रकट किया गया है। अपरदन के प्रक्रम के रूप में नदी के कार्य को लिया गया है।

दिये गये चित्र में दो वक्र, ऊपरी वक्र तथा निचला वक्र (upper curve and lower curve) दिये गये हैं। इनमें अ ब तथा स द रेखाएँ क्रमशः प्रारम्भिक औसत ऊँचाई तथा अन्तिम



चित्र 360—डेविस के अपरदन चक्र का ग्राफ द्वारा प्रदर्शन

अधिकतम उच्चावचन को प्रदर्शित करती है। समुद्रतल को दर्शाने वाली क ग रेखा अपरदन का आधार तल (base level) है। इस चक्र को अब तीन भागों में बाँट दिया गया है। प्रथम अवस्था में स्थल खण्ड का केवल उत्थान हो रहा है। दूसरी व तीसरी अवस्था में स्थल खण्ड अपरदन के साधनों द्वारा नीचा हो जाता है। इस प्रकार पहली अवस्था अर्थात् उत्थान को चक्र में शामिल नहीं किया जा सकता। शेष दो अवस्थाओं में चक्र क्रमशः तरुणावस्था, प्रौढ़ावस्था तथा वृद्धावस्था में होकर गुजरता है।

संक्षेप में यह कहा जा सकता है कि प्रथम अवस्था में उत्थान पूरा हो जाता है और तब तक अपरदन की क्रिया प्रारम्भ नहीं होती। दूसरी अवस्था में उत्थान समाप्त हो जाता है और साथ ही अपरदन प्रारम्भ हो जाता है। यहाँ अपरदन नदियों की निचली घाटियों से शुरू होता है ताकि उत्थान पूरी तरह समाप्त हो जाए। इस समय अपरदन बड़ी तीव्र गति से होता है। तीसरी अवस्था में अपरदन की क्रिया बड़ी मन्द हो जाती है। इसमें लम्बवत अपरदन की अपेक्षा क्षैतिज अपरदन अधिक होता है। इसके कारण समतल प्रायः मैदान (peneplain) की स्थिति उत्पन्न होती है।

डेविस के मत की आलोचना—डेविस के अपरदन चक्र की धारणा का जहाँ एक ओर भारी स्वागत हुआ वहाँ दूसरी तरफ उसकी कठोर आलोचना भी की गयी है। अपरदन चक्र की विचार-धारा के सम्बन्ध में कुछ विद्वानों ने निम्न आपत्तियाँ प्रस्तुत की हैं :

(1) डेविस के मतानुसार स्थलखण्ड के उत्थान के बाद ही अपरदन प्रारम्भ होता है। अपरदन चक्र में डेविस के इस विचार की सबसे अधिक आलोचना की गयी है। यह सम्भव प्रतीत नहीं होता कि अपरदन की प्रक्रिया तब तक रुकी रहेगी जब तक कि स्थलखण्ड का उत्थान पूर्ण नहीं

हो जाता। डेविस ने इस आलोचना से बचने के लिए यह तर्क प्रस्तुत किया कि स्थलखण्ड का उत्थान कम समय में बड़ी तीव्र गति से होता है। अर्थात् उत्थान इतना शीघ्र होता है कि अपरदन का उस पर कोई प्रभाव नहीं पड़ पाता। किन्तु यह बात वास्तविकता से भिन्न है। वस्तुतः होता यह है कि जैसे ही कोई स्थलखण्ड ऊपर उठने लगता है उसके साथ-साथ अपरदन का कार्य भी प्रारम्भ हो जाता है। प्रो० वुलरोज तथा मार्गन का कहना है कि “सामान्यतः चक्र का प्रारम्भ पहले से उत्थित स्थलखण्ड पर अपरदन के साथ नहीं माना जाना चाहिए। अपरदन तथा उत्थान में कुछ सीमा तक अनिवार्यतः अतिव्यापन (overlapping) होता है तथा निश्चय ही चक्र समुद्र की तली के प्रथम उन्मज्जन अथवा स्थलखण्ड की प्रथम विरूपकारी हलचल के साथ प्रारम्भ हो जाता है।” (In general the cycle should not be regarded as beginning with erosion of an already uplifted landmass. Erosion and uplift inevitably overlap to some extent and the cycle begins with the first emergence of a sea floor, or the first movement of deformation of a landmass.)

(2) कई विद्वानों ने ‘चक्र’ शब्द को ही भ्रामक बताया है। ‘चक्र’ शब्द से आशय यह है कि अपरदन जहाँ से प्रारम्भ हो, पुनः वही पर समाप्त होना चाहिए। किन्तु वस्तुस्थिति इससे बिल्कुल विपरीत है।

(3) डेविस के अनुसार कोई भी स्थलरूप संरचना, प्रक्रम और अवस्था का परिणाम होता है किन्तु पेंक ने इसको स्वीकार नहीं किया है। इसके विपरीत पेंक ने स्थल रूप को उत्थान एवं निम्नीकरण की दर (rate) एवं अवस्थाओं (phases) के सम्बन्धों का प्रतिफल माना है—
Geomorphologic forms are in relation to the phase and rate of upliftment in relation to the rate of degradation¹ पेंक ने डेविस की युवावस्था, प्रौढ़ावस्था एवं जीर्णावस्था आदि अवस्थाओं को भी नहीं माना है। उसने इनके लिए भिन्न नामावलियों का प्रयोग किया है। इस सम्बन्ध में डेविस का कहना है कि जर्मन विद्वानों ने ईष्यविश ही नामावलियों की आलोचना की है। वस्तुतः अपरदन चक्र में अवस्था की विचारधारा कई कठिनाइयों को जन्म देती है। अपरदन चक्र की अवस्थाओं की तुलना मानव जीवन की अवस्थाओं से करना कदापि सगत नहीं लगता। मानव जीवन में युवावस्था, प्रौढ़ावस्था एवं वृद्धावस्था आती है किन्तु प्रत्येक का आगमन और अन्त एक निश्चित समय के अनुसार होता है। यही बात किसी स्थलरूप के जीवन इतिहास में सम्भव नहीं होती। यदि कोई स्थलखण्ड कमजोर और मुलायम चट्टानों का बना हुआ है तो अपरदन की तीव्रता से युवा एवं प्रौढ़ावस्थाएँ शीघ्र समाप्त हो जायेगी और वृद्धावस्था आ जायेगी। इसके विपरीत यदि कोई स्थलखण्ड कठोर संरचना वाला है तो वहाँ लम्बे समय तक युवा एवं प्रौढ़ अवस्थाएँ रहेंगी। डेविस ने उपरोक्त कठिनाइयों को स्वीकार किया है और उन्हें असाधारण स्थितियाँ माना है।

(4) ओ० माल (O. Mall) का कहना है कि डेविस ने अपरदन चक्र की संकल्पना को अधिक सरल बनाकर प्रस्तुत किया है, जबकि वास्तव में यह संकल्पना इतनी सरल नहीं है। डेविस ने भू-तात्त्विक रचना के विभेदों का कोई ध्यान नहीं रखा है। एक जैसी रचना वाले भाग में पूर्व उत्थान मानकर वहाँ अपरदन चक्र की कल्पना की गयी है जो नितान्त ही गलत है।

(5) डेविस के उत्थान की प्रक्रिया के सम्बन्ध में भी आपत्तियाँ उठायी गयी हैं। डेविस के अनुसार स्थलखण्ड का उत्थान अनायास और तीव्र गति से कम समय में हो जाता है। किन्तु स्थलखण्ड का उत्थान एक लम्बी अवधि की प्रक्रिया होती है तथा उत्थान की गति भी बराबर नहीं होती। अतः डेविस की उत्थान की धारणा भी गलत है।

1 Von Engel : Geomorphology, p. 261

(6) डेविस के मतानुसार उत्थान के पूर्ण हो जाने पर अपरदन प्रारम्भ होता है और समस्त युवावस्था तक स्थलखण्ड का उत्थान समवत (still stand) रहता है। किन्तु अपरदन के लिए एक स्थलखण्ड का लम्बे समय तक समवत अवस्था में रहना सम्भव नहीं लगता।

अपरदन चक्र की धारणा के सम्बन्ध में प्रस्तुत उपरोक्त आपत्तियों के बारे में डेविस का कहना है कि स्थलखण्ड के पूर्व-उत्थान को अपरदन चक्र के सरलीकरण के लिए ही माना गया है, अन्यथा चक्र की अवधारणा बहुत ही जटिल हो जाती। साथ ही उत्थान की विभिन्न दशाओं का उल्लेख भी इसी कारण नहीं किया गया है। यदि हम उपरोक्त आलोचनाओं पर गहराई से विचार करें तो प्रतीत होगा कि कुछ बातों को छोड़कर अधिकांश आपत्तियाँ निराधार हैं। जर्मन विद्वानों ने ईर्ष्याविश ही डेविस की कटु आलोचना की है। वास्तव में डेविस के अपरदन चक्र का विचार भूगोल एवं भू-आकृतिक-विज्ञान के क्षेत्रों में बड़ा ही महत्वपूर्ण योगदान है।

अपरदन चक्र के सम्बन्ध में पैक का मत (Concept of W. Penck on Cycle of Erosion)

सामान्य परिचय—वाल्टर पैक उन जर्मन विद्वानों में अग्रणीय हैं जो डेविस की विचार-धारा के कटु आलोचक रहे हैं। यद्यपि पैक ने अपरदन चक्र के विचार को अन्य आलोचकों की भाँति नितान्त काल्पनिक और निराधार नहीं माना है, किन्तु वे डेविस के मत को असम्भव मानते हैं। अतः पैक ने अपरदन चक्र के सम्बन्ध में अपना अलग से मत प्रतिपादित किया है जिसका विवेचन आगे किया जा रहा है :

उत्थान एवं अपरदन के सम्बन्ध में पैक का मत—जैसा पहले बताया जा चुका है कि पैक तीव्रता से और कम समय में होने वाले उत्थान में विश्वास नहीं करते। उनकी मान्यता है कि उत्थान एक ही गति से न होकर विभिन्न गतियों से पूरा होता है। इसके अतिरिक्त जैसे ही स्थल-खण्ड समुद्रतल से ऊपर उठता है उस पर अपरदन का कार्य प्रारम्भ हो जाता है। यद्यपि यह सम्भव हो सकता है कि प्रारम्भ में उत्थान की दर इतनी अधिक हो कि अपरदन को देखा न जा सके किन्तु उत्थान और अपरदन दोनों ही साथ-साथ प्रारम्भ होते हैं। कुछ समय उपरान्त उत्थान समाप्त हो जाता है परन्तु अपरदन चक्र के अन्त तक चलता रहता है। पैक का मत है कि उत्थान प्रारम्भ से अन्त तक एक ही दर से नहीं होता। प्रारम्भ में उत्थान की दर सर्वाधिक होती है। फिर मध्य में समान दर से और अन्त में बहुत कम दर से उत्थान सम्पन्न होता है। स्थलखण्ड के उत्थान की दर के आधार पर पैक ने उत्थान को तीन अवस्थाओं में बाँटा है जिसमें अपरदन भी उत्थान की गति का अन्धाधुन्ध अनुसरण करता है। इसके परिणामस्वरूप विभिन्न स्थलरूपों का आविर्भाव होता है। उसके अनुसार, “स्थल रूप उत्थान की प्रावस्था (phase) तथा दर (rate of uplift) और निम्नीकरण (degradation) के पारस्परिक सम्बन्धों का फल होता है। पैक की मान्यता है कि उत्थान और अपरदन साथ-साथ क्रियाशील रहते हैं। परन्तु उत्थान विभिन्न दरों से घटित होता है। पैक ने उत्थान को तीन अवस्थाओं में विभक्त किया है जो निम्न हैं :

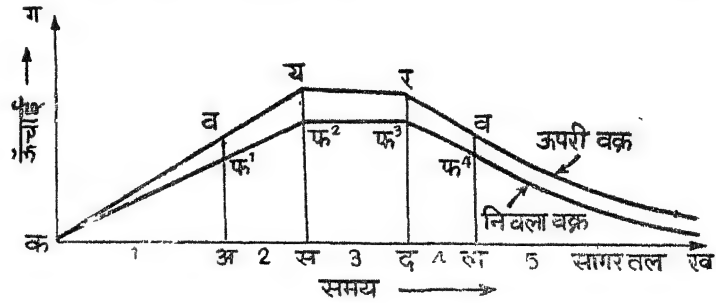
(1) **आफस्तीजिण्डे**—यह उत्थान की प्रथम अवस्था है जिसमें स्थल खण्ड तीव्रता से ऊपर उठता है।

(2) **ग्लीखफॉर्मिंग**—यह उत्थान की दूसरी अवस्था है जिसमें उत्थान समान गति से होता है।

(3) **आबस्तीजिण्डे**—यह उत्थान की अन्तिम अवस्था है जिसमें उत्थान बहुत धीरे-धीरे होता है। पैक का अपरदन चक्र उत्थान के साथ ही प्रारम्भ हो जाता है और कुछ समय उपरान्त उत्थान समाप्त हो जाता है किन्तु अपरदन की क्रिया अन्त तक चलती रहती है। उसने अपने चक्र की प्राँच दशाएँ बतायी हैं।

स्थलखण्ड के उत्थान के अतिरिक्त अपरदन चक्र के प्रारम्भ होने की आवश्यक दशा के सम्बन्ध में भी पैक का भिन्न मत है। डेविस ने पहले से ही उत्थित स्थलखण्ड को जो भिन्न संरचनात्मक इकाइयों का हो सकता है, अपरदन चक्र की शुरुआत के लिए आवश्यक माना है। इसके विपरीत पैक ने चक्र के प्रारम्भ होने के लिए समान संरचना वाले तथा विभिन्न गतियों से फैले हुए (ऊँचा उठते हुए) गुम्बद को आधार माना है। ऐसा स्थलखण्ड प्रारम्भ में न तो अधिक ऊँचा ही होता है और न इस पर कोई महत्वपूर्ण उच्चावचन (relief) ही होता है। यह एक प्रकार से प्रारम्भिक समप्राय मैदान (peneplane) जैसा होता है। इसको पैक ने प्राइमारम्प (primarump) नाम दिया है। इस प्रकार प्राइमारम्प स्थल की प्रारम्भिक इकाई होती है जिस पर विभिन्न दर से उत्थान तथा अपरदन द्वारा स्थलरूपों का जन्म होता है। चक्र की अन्तिम अवस्था में जब प्राइमारम्प घिस-घिसकर समतलप्राय हो जाता है तो पैक ने ऐसे स्थलखण्ड को इण्ड्रम्प (endrumpf) कहा है। यों प्राइमारम्प और इण्ड्रम्प ऊँचाई तथा उच्चावचन की दृष्टि से एक जैसे होते हैं किन्तु इनमें प्राइमारम्प चक्र की प्रारम्भिक अवस्था और इण्ड्रम्प चक्र की अन्तिम दशा का द्योतक है। पैक ने इन दोनों में स्पष्ट अन्तर किया है। प्राइमारम्प का ढाल उन्नतोदर होता है, जबकि इण्ड्रम्प का ढाल नतोदर होता है।

पैक के अपरदन चक्र का ग्राफ द्वारा प्रदर्शन—नीचे दिये गये रेखाचित्र द्वारा पैक के अपरदन चक्र का दो वक्रों में प्रदर्शन किया जा रहा है। इसमें ऊपरी वक्र अधिकतम औसत ऊँचाई को तथा निचला वक्र निम्नतम औसत ऊँचाई को प्रकट करता है। साथ ही इसमें लम्बवत रेखा क ग



चित्र 361—पैक के अपरदन चक्र का ग्राफ द्वारा प्रदर्शन

के सहारे ऊँचाई को और आधार रेखा क ख के सहारे समय को बताया गया है। समस्त चक्र को पाँच अवस्थाओं में बाँटा गया है। किन्तु इन अवस्थाओं का अर्थ यहाँ डेविस की 'stages' से नहीं है। यहाँ अवस्था से तात्पर्य उच्चावचन के विकास की दशाओं से है। रेखाचित्र में उच्चावचन के विकास की पाँचों दशाओं को निम्न प्रकार से समझा जा सकता है :

(1) प्रथम अवस्था—इस अवस्था में यद्यपि उत्क्षेप और अपरदन दोनों की प्रधानता रहती है, किन्तु घाटी के गहरे होने की अपेक्षा उत्क्षेप अधिक होता है जिससे भूमि की ऊँचाई बढ़ जाती है। इस अवस्था में नदियों के मध्य के दोआब (interfluvies) चौरस होते हैं। ये अपरदन द्वारा कम घिसते हैं जिससे दोआब नुकीले नहीं होने पाते और चौरस रहते हैं।

(2) द्वितीय अवस्था—इस अवस्था में भी अपरदन और उत्क्षेप दोनों ही महत्वपूर्ण बने रहते हैं। किन्तु घाटियाँ शीघ्रता से चौड़ी होने लगती हैं जिससे दोआब की भूमि पर्वतनुमा तीक्ष्ण होने लगती है। तत्पश्चात् जिस गति से घाटियाँ नीची होती हैं उसी गति से दोआब भी नीचे होते जाते हैं। यद्यपि इस दशा में दोआब उत्क्षेप के परिमाण और घाटी के गहरे होने के अन्तर जितना

ही शनैः-शनैः ऊपर उठता है, फिर भी घाटी का लम्बवत अपरदन पिछड़ जाता है। फलस्वरूप दोआब की ऊँचाई तो बढ़ती है परन्तु उच्चावचन में कोई विषेण अन्तर नहीं आता।

(3) तृतीय अवस्था—इस अवस्था में सतत उत्क्षेप के साथ घाटी की गहराई भी शीघ्रता के साथ बढ़ती है। इस अवस्था में उत्क्षेप और अपरदन में प्रतिस्पर्धा-सी लगी रहती है और अन्त में उत्क्षेप और अपरदन कार्य तुल्य होते हैं। फलस्वरूप ऊँचे भू-भागों की औसत ऊँचाई भी एक जैसी रहती है। अतः उच्चावचन में कोई अन्तर नहीं आता।

(4) चतुर्थ अवस्था—इस अवस्था में भूमि उत्क्षेप की क्रिया शिथिल हो जाती है। नदी-घाटियों का गहरा होना चालू रहता है, इसलिए धरातलीय अन्तर कम नहीं होने पाता। अपरदन द्वारा दोआब की भूमि नीची होने लग जाती है।

(5) पंचम अवस्था—इस अवस्था में उत्क्षेप के साथ-साथ नदी घाटियों का गहरा होना भी मन्द पड़ जाता है। नदी घाटियों के मध्य पर्वतनुमा, नुकीले एवं उभरे हुए दोआब गोलाकार और नीचे हो जाते हैं। इससे ऊँचाई और उच्चावचन दोनों ही घट जाते हैं। यह उस प्रदेश की वृद्धावस्था होती है।

पैक के प्रथम आदर्श-चक्र पर विचार करते हुए कई महत्त्वपूर्ण बिन्दुओं पर ध्यान दिया जाना आवश्यक है। प्रथम तो इस अपरदन चक्र की अवस्थाओं को किसी भी दशा में प्राकृतिक या अवश्यम्भावी नहीं समझा जाना चाहिए। यद्यपि ये सभी अवस्थाएँ सम्भावित हो सकती हैं परन्तु ये उत्क्षेप और अपरदन की गति के सम्बन्ध पर निर्भर करती हैं। यद्यपि पैक का अपरदन चक्र पुस्तक में रोचक प्रतीत होता है किन्तु कई विद्वानों ने इसकी प्रायोगिकता में सन्देह व्यक्त किया है। जैसा कि डेविस ने प्रश्न किया है कि क्या प्रयोग करने पर ये सब अवस्थाएँ प्राप्त की जा सकती हैं? इसके उत्तर में यही कहा जा सकता है कि पैक के विचार अनुमानित हैं और इसलिए किसी स्वतन्त्र व्यक्तिगत उदाहरण में ठीक नहीं उतरे। स्पष्ट है यदि हम सतत उत्क्षेप के विपरीत भिन्न उत्क्षेप की कल्पना करें तो उनसे अन्य निष्कर्ष निकाले जा सकते हैं।

पैक के अपरदन-चक्र की सबसे महत्त्वपूर्ण अवस्था वह है जिसमें उसने उत्क्षेप और अपरदन को समान माना है। पैक के अनुसार ऐसी अवस्था आल्प्स में घटित हो चुकी है। पैक का यह अनुमान सच हो भी सकता है। कुछ लोगों ने इसमें शंका प्रकट की है। यदि ऐसा सम्भव हो भी सकता है तो वह ऊँचे पर्वत-श्रेणियों के मध्यवर्ती भाग में ही, क्योंकि वहाँ दीर्घकाल तक उत्क्षेप होता रहता है। इस प्रकार पैक का प्रथम आदर्श अपरदन-चक्र पर्वतों के अक्षीय (axial) भाग में और दूसरे एवं तीसरे आदर्श अपरदन-चक्र पार्श्ववर्ती भागों में सम्भावित हो सकते हैं।

डेविस तथा पैक के मतों की तुलना—यदि हम डेविस तथा पैक दोनों के अपरदन चक्रों का तुलनात्मक अध्ययन करें तो स्पष्ट प्रतीत होगा कि दोनों के मतों में बहुत अन्तर है। इस अन्तर को भली प्रकार समझने के लिए नीचे दोनों का तुलनात्मक विश्लेषण किया जा रहा है :

डेविस का मत	पैक का मत
1. डेविस के मतानुसार अपरदन में पहले उत्थान समाप्त हो जाता है। दूसरे शब्दों में उत्थान और अपरदन साथ-साथ नहीं चलते।	1. पैक के मतानुसार उत्थान और अपरदन साथ-साथ चलते हैं। कुछ समय बाद उत्थान रुक जाता है और अन्त तक केवल अपरदन ही सक्रिय रहता है।
2. स्थलखण्ड के उत्थान की दर बहुत तीव्र होती है।	2. स्थलखण्ड के उत्थान की दर कभी भी एक समान नहीं होती।
3. उत्थान की अवधि बहुत कम होती है।	3. उत्थान का काल लम्बा भी हो सकता है। यह समय मध्यम प्रकार का एवं कम भी हो सकता है।

- | | |
|--|---|
| <p>4. चक्र का प्रारम्भ संरचना की दृष्टि से भिन्न भागों पर होता है।</p> <p>5. चक्र तीन विभिन्न अवस्थाओं (तरुणावस्था, प्रौढावस्था एवं जीर्णविस्था) से होकर पूरा होता है।</p> <p>6. डेविस के अनुसार दृश्य-भूमि संरचना, प्रक्रम और अवस्थाओं का प्रतिफल होता है। (Landscape is a function of structure, process and stage.)</p> <p>7. डेविस ने अपने चक्र में ढालों को कोई विशेष महत्त्व नहीं दिया है।</p> <p>8. डेविस के चक्र में तीन अवस्थाएँ मानी गयी हैं। इनमें प्रथम व द्वितीय अवस्थाओं में उच्चावचन बढ़ता है और तृतीय अवस्था में कम होता है। किसी भी अवस्था में उच्चावचन स्थिर नहीं रहता।</p> <p>9. डेविस ने चक्र की अन्तिम अवस्था को समतलप्राय मैदान (peneplain) की संज्ञा दी है।</p> | <p>4. चक्र का प्रारम्भ समान संरचना वाले फैलते हुए गुम्बद अर्थात् प्राइमरम्प से होता है।</p> <p>5. पैक के अपरदन-चक्र में कोई अवस्थाएँ नहीं होती। डेविस की अवस्थाओं के विपरीत पैक ने स्थलखण्ड के उत्थान की (i) आफ्सीजिण्डे (बढ़ती गति), (ii) ग्लीख-फार्मिंग (समान गति), (iii) आक्सीजिण्डे (घटती गति से उत्थान) तीन दशाओं को बताया है।</p> <p>6. पैक के अनुसार दृश्य-भूमि उत्थान की दर तथा निम्नीकरण की दर के सम्बन्ध का परिणाम होता है। (Landscape is an expression of the phase and rate of upliftment in relation to the rate of degradation)</p> <p>7. पैक ने ढालों के विकास को विशेष महत्त्व प्रदान किया है। ढालों से ही स्थलरूपों का विकास होता है।</p> <p>8. पैक के चक्र में पाँच अवस्थाएँ मानी गयी हैं। प्रथम दशा में उच्चावचन बढ़ता है। दूसरी, तीसरी व चौथी दशाओं में उच्चावचन स्थिर रहता है। अन्तिम अवस्था में वह घटता है।</p> <p>9. पैक ने चक्र की अन्तिम अवस्था को इण्ड्रम्प (endrumpf) की संज्ञा दी है।</p> |
|--|---|

निष्कर्ष—उपरोक्त तुलना से स्पष्ट है कि दोनों ही मतों में महान् अन्तर है। इसीलिए एक ओर डेविस को अपरदन चक्र का मास्टर कहा जाता है तो दूसरी ओर पैक को उसका विरोधी। वस्तुतः दोनों के कार्यक्षेत्र भिन्न थे। इस कारण उनके मतों में भी भिन्नता पायी जाती है। पैक का कार्य क्षेत्र मध्य यूरोप का पर्वतीय क्षेत्र था और वह वहाँ की समान संरचना से बड़ा प्रभावित हुआ था। वहाँ उसके अध्ययन का मुख्य उद्देश्य यह जानना था कि वर्तमान स्थलाकृति का पहले क्या रूप था? इस प्रकार पैक का विचार वर्तमान से भूतकाल की ओर ले जाने वाला है। इसी कारण पैक की विचारधारा को रूढ़िवादी तथा पीछे देखने वाली विचारधारा (backward looking concept) कहा जाता है। इसके विपरीत डेविस का कार्यक्षेत्र संयुक्त राज्य अमेरिका था। वहाँ यह स्थलीय संरचना में पर्याप्त अन्तर से प्रभावित हुआ था। अतः स्थलाकृति के विकास में उसने संरचना को प्रमुख स्थान दिया। डेविस का मुख्य उद्देश्य स्थल के वर्तमान रूप का अध्ययन करना था। अतः उसने स्थलरूपों के विकास की संरचना, प्रक्रम और अवस्था का फल बताया। इस प्रकार डेविस का सम्बन्ध वर्तमान से नहीं है और इसीलिए उसकी विचारधारा को अग्रिम दृष्टि वाली विचारधारा (forward looking concept) कहा जाता है।

अपरदन चक्र की बाधाएँ

सामान्यतः अपरदन चक्र के दौरान एक उत्थित स्थलखण्ड अपरदन की प्रक्रिया द्वारा युवावस्था, प्रौढावस्था एवं जीर्णविस्था से गुजर कर एक समतलप्राय मैदान में बदल जाता है। यह अपरदन के पूर्ण चक्र की एक सामान्य अवस्था है। किन्तु धरातल पर अपरदन चक्र की आदर्श

अवस्थाएँ बहुत ही कम अंशों में दृष्टिगोचर होती हैं। किसी भी स्थलखण्ड के समतलप्राय मैदान की अवस्था को प्राप्त कर लेना बहुत ही कठिन है, क्योंकि अनेक कारणों से चक्र में बाधा पड़ जाती है जिससे चक्र असन्तुलित हो जाता है। चक्र में बाधा उपस्थित होने का प्रमुख कारण स्थलखण्ड या प्रक्रम में नवोन्मेष (rejuvenation) का होना है। यह नवोन्मेष निम्न कारणों से हो सकता है :

(1) **स्थलखण्ड का ऊँचा उठना**—भू-गर्भ में घटित होने वाली महाद्वीप अथवा पर्वत-निर्माणकारी हलचलों के कारण कई बार स्थल ऊपर उठ जाता है। स्थल के इस प्रकार ऊपर उठ जाने से अपरदन चक्र पर गहरा प्रभाव होता है। यदि कोई नदी किसी स्थलखण्ड में अपरदन चक्र के दौरान युवा एवं प्रौढ़ावस्था को पार कर जीर्णविस्था में पहुँच चुकी हो और तभी अगर स्थल-खण्ड में उत्थान प्रारम्भ हो जाता है तो चक्र में बाधा पड़ जायगी। स्थलखण्ड में उत्थान होने से नदियों में नवोन्मेष आ जायगा जिससे नदियाँ पुनः गहरा काटने का कार्य प्रारम्भ कर देंगी और इस प्रकार चक्र भी पुनः युवावस्था में लौट जायगा। इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि चक्र की किसी भी अवस्था में यदि स्थल के उत्थान होने से आधारतल में धनात्मक (positive) परिवर्तन आ जाता है तो चक्र छिन्न हो जाता है और नवोन्मेष के कारण नवीन चक्र का शुभारम्भ हो जाता है।

(2) **स्थलखण्ड का नीचे धँसकना**—भू-गर्भिक शक्तियों के कारण यदि किसी स्थलखण्ड का अवतलन हो जाता है तब भी चक्र में विघ्न आ जाता है। यदि कोई स्थलखण्ड अपरदन चक्र की प्रौढ़ावस्था में चल रहा हो और वह अनायास ही नीचे धँसकर निकटवर्ती स्थल भाग के बराबर हो जाता है तो वहाँ चक्र की अवधि कम हो जायगी। चक्र शीघ्र जीर्णविस्था में पहुँचकर समाप्त हो जायगा।

(3) **समुद्र-तल में परिवर्तन**—स्थलखण्ड के ऊँचा-नीचा होने के समान समुद्र तल भी ऊँचा-नीचा होता रहता है। स्थलखण्ड के ऊँचा-नीचा होने का स्थानीय प्रभाव होता है। किन्तु समुद्र-तल में परिवर्तन का विश्वव्यापी प्रभाव होता है। समुद्र-तल में व्यापक रूप से परिवर्तन हिमनदियों के फैलाव और उनके सिकुड़ने के साथ होता है। समुद्र-तल में परिवर्तन का नदियों के अपरदन कार्य पर बड़ा प्रभाव पड़ता है। समुद्र-तल नदियों का स्थायी आधार तल होता है। इसलिए जब कभी समुद्र-तल नीचा हो जाता है तो नदियों में नवोन्मेष आ जाता है और वे पुनः अपनी घाटियों को गहरा काटने लगती हैं। इसके विपरीत यदि समुद्र-तल ऊपर उठ जाता है तो नदियों का गहरा काटने का कार्य समाप्त हो जाता है और वे बाढ़ के मैदानों का निर्माण करने लगती हैं।

(4) **निकास का नीचा हो जाना**—यदि किसी स्थान पर नदी का निकास—जहाँ से नदी बाहर निकलती है जैसे झील आदि से—नीचा हो जाता है तो नदी का ढाल तीव्र हो जायगा और नदी में जल की मात्रा बढ़ जायगी। इससे नदी में नवोन्मेष हो जायगा और नदी का अपरदन कार्य तेज हो जायगा। फलस्वरूप अपरदन चक्र में अन्तर आ जायगा।

(5) **ज्वालामुखी क्रिया**—ज्वालामुखी क्रिया से कई बार नदियों के मार्ग में लावा आदि पदार्थों का जमाव हो जाता है जिससे इनके अपरदन चक्र में बाधा आ जाती है। यदि कोई नदी अपने चक्र की अन्तिम अवस्था में चल रही हो और अचानक उसका मार्ग लावा आदि में जमाव से अवरुद्ध हो जाता है तो नदी का अपरदन कार्य पुनः तेज हो जायगा और अपरदन चक्र भी लौटकर प्रौढ़ावस्था में आ जायगा।

(6) **नदी में जलोढ़क (load) की मात्रा में कमी**—नदी की अपरदन गति पर उसके जलोढ़कों की मात्रा का गहरा प्रभाव होता है। जब नदी में जलोढ़क की मात्रा अधिक होती है तो नदी का प्रभाव मन्द होता है। लेकिन जब नदी में जलोढ़क कम होता है तो उसकी प्रवाह गति तीव्र हो जाती है अर्थात् नदी में नवोन्मेष हो जाता है जिससे अपरदन का कार्य भी बढ़ जाता है।

(7) नदी अपहरण द्वारा नदी के जल में वृद्धि—जब कभी एक नदी किसी दूसरी नदी का अपहरण कर उसके जल को अपने अन्दर आत्मसात कर लेती है तो उस नदी में जल की मात्रा बढ़ जाती है जिससे नदी में नवोन्मेष आ जाता है और वह अधिक तेजी से काटने का कार्य करने लग जाती है।

(8) जलवायु में परिवर्तन—पृथ्वी पर जलवायु में समय-समय पर परिवर्तन होते रहते हैं। विगत काल में कुछ प्रदेश पहले गरम, फिर ठण्डे और पुनः गर्म जलवायु वाले रह चुके हैं। इसी प्रकार कुछ प्रदेश पहले आर्द्र, फिर शुष्क और पुनः आर्द्र जलवायु वाले हो चुके हैं। जलवायु के इन परिवर्तनों से नदियों में नवोन्मेष होता है और उसके परिणामस्वरूप अपरदन चक्र में बाधा पड़ती है।

इस तरह अपरदन-चक्र (cycle) में अनेक बाधाएँ खड़ी हो जाती हैं जो चक्र को कभी पूरा नहीं होने देतीं। फिर भी संसार में समतलप्राय मैदानों के अनेक उदाहरण देखने को मिलते हैं। कनाडा में हडसन की खाड़ी के चारों ओर, साइबेरिया और रूस के पठारी भागों और भारत के अरावली प्रदेश में इस प्रकार के विस्तृत समतलप्राय मैदान देखे जाते हैं।

अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्थाएँ—अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्थाओं में स्थल के उन्मज्जन तथा जलवायु की दशाओं के कारण चाहे कितने ही विभेद उपस्थित हो जाते हों, परन्तु अन्तिम अवस्था प्रायः सभी दशाओं में समान होनी चाहिए। वस्तुतः विकसित भू-रूप और उनके निर्माण की प्रक्रिया के सम्बन्ध में केवल अनुमान ही किया जा सकता है क्योंकि वर्तमान अपरदन-चक्र द्वारा वृद्धावस्था प्राप्त भू-रूप केवल स्थानीय एवं सीमित रूप में ही पाये जाते हैं। यद्यपि हमारे अध्ययन के लिए प्राचीन अपरदन-चक्रों द्वारा विकसित अन्तिम भू-रूप पर्वत-शिखरों के मैदानों (hill top planes) में सुरक्षित है, लेकिन इनका निर्माण किस प्रकार हुआ यह आज भी विवादास्पद है।

रूढ़िवादी विचारकों के अनुसार अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्थाओं में दोआबों (inter-fluves) का क्रमिक ह्रास ऋतु-अपक्षय द्वारा ही होता है। घाटी के गहरे होने की क्रिया के समाप्त हो जाने के उपरान्त भी यह प्रक्रिया चलती रहती है जिससे प्रौढ उच्चावचन (relief) की तीक्ष्णता विलुप्त हो जाती है और अन्ततः ऊबड़-खाबड़ समतल भूमि का विकास होता है जिस पर मन्द गति वाली नदियाँ प्रवाहित होती हैं। इन नदियों की घाटियों को सामान्य ऊँची भूमि अलग करती है। इस प्रकार के धरातल को डेविस् ने समतलप्राय मैदान (peneplain) नाम दिया है। ऐसे समतल-प्राय मैदान पर चट्टानों की कठोरता का भू-आकारों के निर्माण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। फिर भी स्थानीय कठोर चट्टानों के क्षेत्र आधार-तल तक के अपरदन से बचे रह सकते हैं जिनसे अवशिष्ट पहाड़ियों की रचना होती है। ऐसी पहाड़ियों को न्यू हैम्पशायर के माउण्ट मोनेडनोक के नाम पर मोनेडनोक (Monadnock) कहा जाता है।

यह तो स्पष्ट ही है कि इस प्रकार बना समतलप्राय मैदान पूर्णरूप से चौरस नहीं हो सकता। निश्चय ही इसका तटरेखा की ओर ढाल होगा और विशाल क्षेत्र के मध्यवर्ती भाग में भूमि समुद्र-तल की अपेक्षा ऊँची होगी। यह भी प्रकट है कि ऐसे मैदान की रचना में समय भी काफी लगेगा, क्योंकि स्थल के उच्चावचन (relief) के घटने के साथ-साथ अपरदन कार्य में भी उत्तरोत्तर कमी आती जायेगी। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि यदि नदी अपरदन की वर्तमान गति बराबर बनी रहे तो उत्तरी अमरीका महाद्वीप घिसकर 1,50,00,000 वर्षों में पूर्णतः समतल बन जायेगा।¹

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 168

यदि किसी प्रकार प्रक्रिया में शिथिलता आ जाय जोकि अनिवार्य है तो इस कार्य के लिए दुगुना या तिगुना समय आवश्यक होगा।

उपरोक्त बातों एवं महाद्वीपों की अस्थिरता को ध्यान में रखते हुए कुछ लेखकों का यह कहना है कि अपरदन-चक्र पूर्णरूप से कभी पूरा हो ही नहीं सकता और इसलिए समतलप्राय मैदान की धारणा नितान्त ही अप्राप्य एवं अशक्य विचार है—“The cycle of erosion can never have run its full course, and that the ‘peneplain’ is an unrealised and unrealizable abstraction”¹ यह असंदिग्ध रूप से सत्य है कि आज महाद्वीपों पर वर्तमान समुद्र-तल से सम्बन्धित विस्तृत समतलप्राय मैदान या तो सीमित है या वे बिलकुल ही नहीं हैं। लेकिन यह तर्क विशेष महत्वपूर्ण नहीं है क्योंकि भू-गर्भिक दृष्टि से इन भू-भागों का उन्मज्जन अभी हाल में ही हुआ है और ये अब अपरदन की क्रियाओं से तीव्रता के साथ घिसते जा रहे हैं। यदि हम पीछे लम्बे भू-गर्भित-कालों की ओर ध्यान दौड़ाये तो हम ऐसी कई नीची तल वाली भूमि (surface of relief) को पहचान सकते हैं जिनका निर्माण समतलप्राय मैदान की भाँति ही हुआ होगा। ये समतलप्राय मैदान निम्न दो प्रकार से बन सकते हैं—(1) उद्गति के कारण पठार अथवा पहाड़ी शिखरों पर समतल क्षेत्र बने हों। (2) समतलप्राय मैदान बाद के अवसादों के नीचे दब जाये और भू-गर्भित असंगतियों के रूप में बदल जाये।

अनाच्छादन द्वितीय प्रकार के मैदानों को कुछ अंशों में पुनः अनावृत कर सकता है। इस प्रकार नीचे दबे हुए भू-आकार पुनः दृश्य-भूमि में दृष्टिगोचर हो सकते हैं।

धरातल पर प्राप्त ऐसे मैदानों का अस्तित्व यह है कि उच्चावचन (relief) का पूर्णतः परिवर्तन हो सकता है, परन्तु इससे यह निष्कर्ष तो कदापि नहीं निकाला जा सकता कि ऐसे स्थल भागों की सतह समतलप्राय बन गयी थी। यहाँ दो सम्भावनाओं पर और विचार कर लेना सगत होगा। प्रथम तो ब्रिटिश भू-गर्भशास्त्रियों ने चौरस उच्च भूमि तथा असगत तलों (planes of unconformity) को सामुद्रिक अपरदन का परिणाम माना है। जहाँ कहीं असंगत-तल पर समुद्री निक्षेपण है वहाँ समतलप्राय मैदान को समुद्री अपरदन का प्रतीक माना जा सकता है। किन्तु इसके विपरीत भी हो सकता है। यदि सम्पूर्ण सतह पर सामुद्रिक एवं भू-पृष्ठीय (sub-aerial) अपरदन साथ-साथ हो तो भू-पृष्ठीय की तुलना में सामुद्रिक अपरदन का प्रभाव बहुत ही मन्द होगा। गिकी (Geikie) का कहना है कि जब तक समुद्र प्रति शताब्दी 10 फुट स्थल की ओर अग्रसर होकर तटीय क्षेत्र की थोड़ी भूमि को काटेगा तब तक भू-पृष्ठीय अपरदन समूचे स्थल को काटकर समुद्र में बहा देगा। डेविस की भी मान्यता है कि स्थल की थोड़ी-सी उद्गति होने पर प्रायः समुद्र को नये सिरे से कार्य प्रारम्भ करना पड़ता है किन्तु इस उद्गति से भू-पृष्ठीय अपरदन थोड़ा नीत्र हो जाता है। परन्तु डी० डब्ल्यू० जॉनसन इन तर्कों को अन्तिम नहीं मानता। उसके विचार में गिकी ने भू-पृष्ठीय अपरदन को बहुत अधिक बड़ा-चड़ाकर बताया है। आजकल कुछ विद्वानों की आम धारणा यह सिद्ध करने की बन गयी है कि कुछ प्राचीन समतलप्राय मैदान सामुद्रिक अपरदन द्वारा ही बने हैं। परन्तु समतलप्राय मैदानों पर सामुद्रिक निक्षेपणों की प्राप्ति से यह निष्कर्ष निकाल लेना कि उनकी उत्पत्ति समुद्रों द्वारा ही हुई है, असंगत होगा। ऐसा भी सम्भव हो सकता है कि भू-पृष्ठीय अपरदन द्वारा समतलप्राय मैदान की रचना हुई और बाद में समुद्र ने उस पर प्रभाव जमा लिया हो।

हाल ही में सी० एच० क्रीकमे (C. H. Crikmay) ने समतलप्राय मैदान की रचना पर अपना भिन्न दृष्टिकोण प्रस्तुत किया है। उसने दोआबों के नष्ट होने की गति को अतिशयोक्तिपूर्ण बताया है। उसके अनुसार पार्श्विक अपरदन द्वारा समतलीकरण (planation) जो कि नदी के

¹ Ibid.

प्रथम सन्तुलन काल से ही प्रारम्भ हो जाता है और घाटी के तीव्र लम्बवत के रुक जाने के बाद भी चलता रहता है, अधिक महत्वपूर्ण है। यह पार्श्विक अपरदन अपरदन-चक्र की अन्तिम अवस्थाओं में अत्यधिक महत्वपूर्ण स्थान ग्रहण कर लेता है। इसके द्वारा पक की हल्की चादर से ढके चौड़े बाढ़ के मैदानों की रचना हो जाती है। उसने विसर्पणों के विकास और खिसकाव में भी पार्श्विक अपरदन की शक्ति के प्रमाण दिये हैं। इसके अतिरिक्त उसने बाढ़ के मैदानों के किनारों की भृगुओं की तुलना समुद्रतटों की भृगुओं से की है और यह स्पष्ट किया है कि नदियों का पार्श्विक अपरदन समुद्री लहरों के अपरदन से अधिक शक्तिशाली है। चक्र की अन्तिम अवस्थाओं तक बाढ़ के मैदान की भृगुओं के ढाल खड़े होते हैं। इस प्रकार विकसित दृश्य-भूमि का रूप समतलप्राय मैदान से सर्वथा भिन्न होगा। उसकी यह मान्यता है कि बाढ़ के मैदान के विकास की चरमसीमा उनके एकीकरण में है। इस प्रकार से बनी समतल भूमि वास्तविक समतलप्राय मैदान से अधिक चपटी होगी और इसका सामान्य ढाल समुद्र की ओर होगा। इसमें भी दोआबों का विनाश होगा किन्तु कुछ क्षेत्र मोनेडनोक की भाँति बिना घिसे ही रह जायेंगे। इस प्रकार से अन्त में सम्मिलित बाढ़ के मैदान की सतह को उसने पानप्लेन (Panplane) या पानफान (Panfan) का नाम दिया है।¹ उसके मतानुसार वृद्धावस्था में भी पार्श्विक अपरदन की गति बहुत अधिक धीमी नहीं होती। अतः इस मत के आधार पर यह मान लेना सम्भव लगता है कि समतलप्राय अवस्था के विरोध में पानप्लेन अवस्था अधिक शीघ्रता से पहुँच जाती है।

यद्यपि क्रीकमे के सिद्धान्त की लोगो ने कुछ आलोचना की, किन्तु यह तो निर्विवाद सत्य है कि उसने अपरदन-चक्र के सिद्धान्त में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। ऐसा सम्भावित हो सकता है कि उच्च भागों के सीमित विस्तार वाले पेनीप्लेन वस्तुतः पानप्लेन ही हों। अन्य अवस्थाओं में यह भी सम्भव लगता है कि भू-पृष्ठीय अपरदन द्वारा विकसित भूमि पानप्लेन तथा पेनीप्लेन दोनों ही विधियों के सम्मिलित प्रभाव के फलस्वरूप बनी हो।²

उपरोक्त विवेचना के आधार पर यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि अपरदन द्वारा विकसित नीची समतल भूमि निम्न रीतियों से बन सकती है :

- (1) साधारण पेनीप्लेन की क्रिया द्वारा,
- (2) सामुद्रिक अपरदन द्वारा,
- (3) पानप्लेन की क्रिया द्वारा।

अधिकांशतः नीची भूमि का विकास उपरोक्त प्रक्रियाओं में से दो या सभी के सम्मिलित सहयोग द्वारा सम्पादित होता है।

भूगोल में अपरदन-चक्र की महत्ता

धरातल का ज्ञान भूगोल विषय का अभिन्न अंग है। इसमें विभिन्न स्थल-रूपों का अध्ययन अपरिहार्य है। धरातल के विभिन्न स्थल-रूप और उनके विकास-क्रम का अध्ययन भूगोल की एक विशिष्ट शाखा भू-आकृति-विज्ञान (geomorphology) द्वारा किया जाता है। अपरदन-चक्र इनके अध्ययन का मूल आधार है। चक्र की धारणा (cycle concept) के अभाव में स्थलखण्डों के विकास-क्रम को समझना दुष्कर ही नहीं, असम्भव है। भूगोल में चक्र की धारणा पोवेल (Povaell) और गिलबर्ट (Gilbert) आदि विद्वानों की देन है। इन विद्वानों ने 19वीं शताब्दी के उत्तरार्द्ध में अपरदन-चक्र के सम्बन्ध में अपने मौलिक विचार प्रकट किये थे। किन्तु इन विचारों को सुव्यवस्थित करने और अपरदन-चक्र के सिद्धान्त को अपने सही रूप में रखने का श्रेय डेविस को ही है। अतः

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 170

² *Ibid*,

यहाँ उसके कार्य की जितनी प्रशंसा की जाय, थोड़ी है। डेविस और उसके अनुयायियों की देन इतनी अमूल्य है कि भूगोल-जगत उनके विचारों का सदा ऋणी रहेगा।

चक्र की धारणा वस्तुतः भूगोल के आधुनिक अध्ययन की आधारशिला है। इस धारणा के विकसित होने के पूर्व स्थलखण्डों का अध्ययन संरचना (structure) के आधार पर होता था। किन्तु चक्र की धारणा से अब अध्ययन के लिए एक नवीन आधार प्राप्त हुआ है। फलतः स्थलखण्डों का अध्ययन और वर्गीकरण अब आनुवंशिक (genetic) आधार पर किया जाता है। आनुवंशिक आधार के माध्यम द्वारा अब सम्पूर्ण स्थल-रूप की रचना और अवस्था सरल और थोड़े-से शब्दों में व्यक्त की जा सकती है। भूगोल को अपरदन-चक्र की यह देन अमूल्य है। इससे एक भूगोलवेत्ता का कार्य बहुत ही सक्षिप्त हो गया है। इस धारणा के कारण अब किसी स्थलखण्ड का वर्णन करने के लिए उसके प्रत्येक अंग का हाल बताना आवश्यक नहीं रहा। अब तो किसी स्थल-रूप के बारे में केवल इतना प्रकट कर दिया जाय कि वह प्रौढ़ावस्था (mature stage) में है तो उसके विषय में सम्पूर्ण ज्ञान हो जाता है।

कई विद्वानों ने अपरदन-चक्र को ठीक न समझकर उसकी कड़ी आलोचना की है। चेम्बरलिन, सैलिसबरी और पासारजो इन आलोचकों में अग्रणीय है। इन विद्वानों ने 'चक्र' शब्द का बहुत ही कठोर (rigid) अर्थ लगाकर चक्र की धारणा को गलत बताने और उसे खण्डित करने की चेष्टा की है। इन लोगों का कहना है कि 'चक्र' शब्द से आरम्भिक दशा में लौटने का अभिप्राय है, जो कभी भी सम्भव नहीं है। अतः 'चक्र' शब्द एकदम भ्रामक ही नहीं अनुपयुक्त भी है। किन्तु वस्तुतः 'चक्र' शब्द का कोई ऐसा कठोर आशय नहीं है। न चक्र का यही अभिप्राय है कि एक स्थलखण्ड अपने विकास-क्रम के पूर्ण चक्र को प्राप्त हो। चक्र के विचार का मूल उद्देश्य तो केवल यह प्रकट करता है कि अन्त में स्थलखण्ड के सभी आकार विलीन हो जाते हैं। वस्तुतः चक्र की अवधारणा एक ऐसा मानसिक पैमाना (mental scale) है जिसके द्वारा स्थलखण्ड के वास्तविक तथ्यों की तुलना की जाती है। फिर यह सोचना भी गलत है कि चक्र की धारणा का विस्तार और सुधार हो ही नहीं सकता। वास्तव में, चक्र की धारणा ने व्यवस्थित क्रम (ordered sequence) पर जोर देकर भूगोल को एक अमूल्य देन दी है। इस विचार ने मृत विषय में नवीन जीवन का संचार किया है और नीरस विषय को सरल बना दिया है। किसी भी स्थलखण्ड का वास्तविक महत्त्व चाहे वह मानचित्र अथवा धरातल पर देखा गया हो अथवा रेल में बैठे हुए खिड़की से, तभी मालूम देता है जब हमें स्मरण रहे कि इनके जीवन का विकास हुआ है और हो रहा है।¹

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 172

33

पृथ्वी की हलचलें

(EARTH MOVEMENTS)

पृथ्वी के धरातल का रूप सर्वत्र एकसा नहीं है। इस पर एक ओर महाद्वीप और महासागर जैसे विशाल भू-आकार हैं तो दूसरी ओर पर्वत, पठार, मैदान एवं झीलो आदि के सदृश स्थल के गौण रूप भी हैं। भू-पटल के ये विविध रूप स्थायी नहीं हैं। भू-गर्भिक इतिहास इस बात को प्रमाणित करता है कि हिमालय पर्वत के स्थान पर किसी समय टेथिस नामक विशाल महासागर लहराया करता था और गंगा-सिन्धु के मैदान की जगह विशाल द्रोणी थी। इससे स्पष्ट प्रतीत होता है कि भू-पटल पर विभिन्न भू-आकार बनते और बिगड़ते रहते हैं। भू-पटल पर भू-आकारों के विकास और विनाश का यह कार्य पृथ्वी की निम्न दो शक्तियों द्वारा प्रतिपादित होता है :

(1) आन्तरिक शक्तियाँ (Endogenetic forces),

(2) बाह्य शक्तियाँ (Exogenetic forces)।

(1) **आन्तरिक शक्तियाँ (Endogenetic Forces)**—पृथ्वी के भीतर अदृश्य रूप से क्रियाशील शक्तियों को आन्तरिक अथवा भू-गर्भिक शक्तियाँ कहा जाता है। इनकी उत्पत्ति भू-गर्भ में पर्याप्त गहराई पर आन्तरिक ताप, भीतरी चट्टानों के प्रसार अथवा सकुचन, तेजोद्गार पदार्थों से उद्विकसित ताप, विभिन्न रासायनिक तत्वों के योग तथा मैग्मा के इधर-उधर हटने आदि अनेक कारणों से होती है। ये शक्तियाँ भीतर से ही अपना कार्य करती हैं। इन भू-गर्भिक शक्तियों को **विवर्तनिक हलचलें (Tectonic forces)** भी कहते हैं। ये हलचलें धरातल पर **पटल-विरूपण (Diastrophism)** और **ज्वालामुखी (Vulcanism)** दो रूपों से प्रकट होती हैं। पटल-विरूपण में वे समस्त प्रक्रम (process) सम्मिलित हैं जिनका भू-पटल के उन्मज्जन, निमज्जन या किसी एक भाग के सम्बन्ध में दूसरे भाग का विस्थापन और उसके टूटने, मुड़ने तथा सर्वात होने में योग होता है।¹ ज्वालामुखी के अन्तर्गत वे प्रक्रम (process) आते हैं जो भू-गर्भ में द्रव पदार्थ को एक स्थान से दूसरे स्थान को स्थान्तरित करते हैं या उसे भू-पटल के बाहर निकालते हैं।² इस प्रकार भू-गर्भिक अथवा विवर्तनिक हलचलों द्वारा पृथ्वी के धरातल की ऊँचाई में असमानता पैदा हो जाती है। इनसे कहीं भू-पटल ऊँचा उठ जाता है तो कहीं नीचे धँस जाता है। कहीं-कहीं लावा निक्षेप से भू-पटल पर विशाल ऊँचाई के भू-आकार बन जाते हैं।

(2) **बाह्य शक्तियाँ (Exogenetic Forces)**—पृथ्वी के धरातल पर काट-छाँट करने वाली

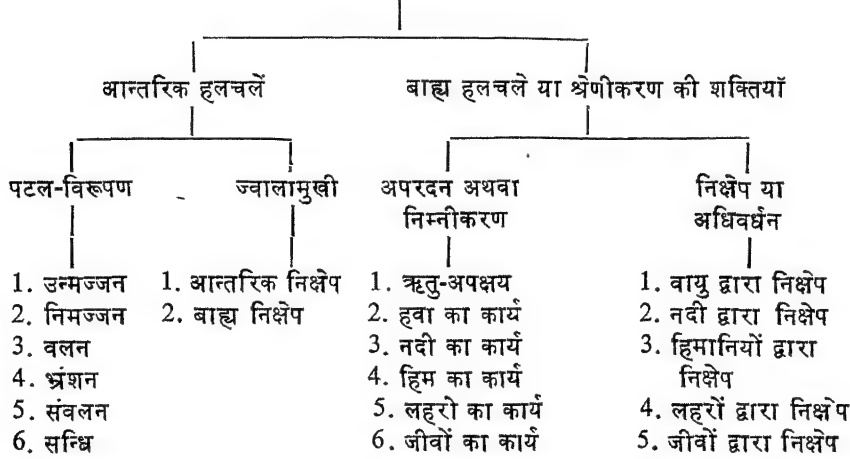
¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geography*, p. 223

² *Ibid.*

शक्तियाँ बाह्य शक्तियाँ कहलाती हैं। इनका सम्बन्ध वायुमण्डल से होता है और ये भू-पटल पर सूर्य की सहायता से कार्य करती है। ट्रिवार्था ने इनको श्रेणीकरण की शक्तियाँ (forces of gradation) कहा है। ये शक्तियाँ मुख्यतः पवन, बहते हुए जल, हिम तथा जैविक साधनों द्वारा कार्य करती है। श्रेणीकरण (gradation) का कार्य दो प्रकार—(1) निम्नीकरण (degradation), और (2) अधिवर्धन (aggradation)—से होता है। निम्नीकरण के द्वारा वे समस्त भू-भाग जो समुद्र-तल (final slope or grade) से ऊँचे उठे हैं, तल के बराबर लाये जाते हैं। इसके विपरीत अधिवर्धन (aggradation) द्वारा भूमि की वृद्धि होती है। भू-पटल पर जो भी निम्न आखात, घाटियाँ, झीलें तथा समुद्र हैं वे अवसादों के निक्षेपण द्वारा भरे जाते हैं और उनको तल के बराबर लाया जाता है। इस प्रकार भू-पटल पर आन्तरिक शक्तियों द्वारा जो असमानता पैदा होती है उसे श्रेणीकरण की शक्तियाँ काट-छाँटकर पुनः बराबर कर देती है।

यदि हम देखें तो भू-पटल पर आन्तरिक और बाह्य दोनों शक्तियों के बीच अविरल रूप से संग्राम चलता रहता है। इसके फलस्वरूप भू-पटल का उत्थान और पतन होता रहता है। भूमि के उत्थान और पतन के इस चक्र को भू-व्युत्थान चक्र (evolutionary cycle) कहते हैं।

पृथ्वी की हलचलें



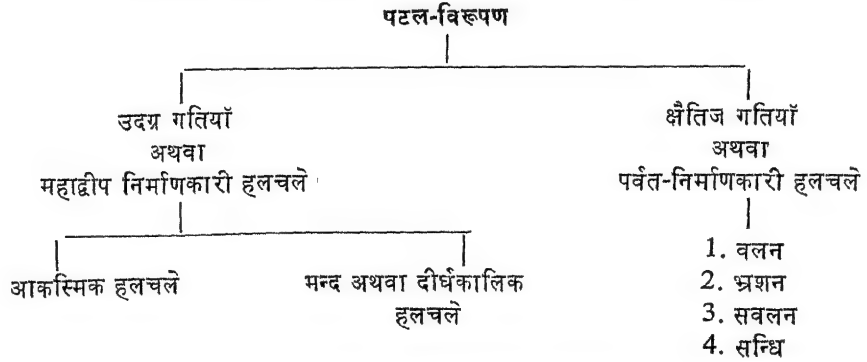
पटल-विरूपण (Diastrophism)

भू-पटल के वे सभी विक्षोभ (disturbance) तथा स्थान भ्रंश (dislocation) जिनसे पृथ्वी का पपड़ा झुकता है, मुड़ता है और टूट जाता है और परिणामस्वरूप धरातल पर बड़ी विषमताएँ उत्पन्न हो जाती हैं, पटल-विरूपण कहा जाता है। फिच व ट्रिवार्था के अनुसार, “पटल विरूपण से आशय उन समस्त प्रक्रमों (processes) से हैं जिनका भू-पटल के उन्मज्जन, निमज्जन या किसी एक भाग के सम्बन्ध में दूसरे भाग के विस्थापन और उसके टूटने, मुड़ने तथा संवलित होने में योग होता है।”¹

उपरोक्त परिभाषाओं से स्पष्ट है कि पटल निरूपण भू-गतियों का परिणाम है। इन भू-गतियों के स्पष्ट दो भेद हैं :

¹ “Diastrophism includes those processes which are involved in breaking, bending and working of the earth’s crust and the elevation depression or displacement of one part with respect to another.” —Finch and Trewartha

- (1) महाद्वीप निर्माणकारी हलचले (epeirogenetic or continent building forces),
 (2) पर्वत-निर्माणकारी हलचले (orogenic or mountain building forces)।



महाद्वीप निर्माणकारी हलचलें (Epeirogenetic Movement)

ग्रीक भाषा में 'epeiros' शब्द का अर्थ महाद्वीप से होता है। 'Epeiros' शब्द से ही epeirogenetic शब्द बना है। अतः वे हलचलें जिनसे महाद्वीपों का निर्माण होता है महाद्वीप निर्माणकारी हलचलें कहलाती हैं। वस्तुतः ये हलचलें भू-गर्भ की उदग्र गतियाँ हैं जो सदैव लम्बवत् दिशा में क्रियाशील रहती हैं। इनसे समतल धरातल विषम हो जाता है अर्थात् भू-पटल के कुछ भाग ऊपर उठ जाते हैं और कुछ नीचे धँस जाते हैं। इस प्रकार इन हलचलों से भू-पटल का उन्मज्जन और निमज्जन होता है जिससे पृथ्वी पर महाद्वीप, पठार तथा मैदान की रचना होती है। यूरोपीय रूस का मैदान, मिसिसिपी का अफ्रीका का पठार तथा विन्ध्याचल के श्रृंग तथा पठार ऐसी ही हलचलों से निर्मित हुए हैं। दिशा के आधार पर इन्हें दो वर्गों में बाँटा जा सकता है : (i) ऊपरीमुखी संचलन तथा (ii) अधोमुखी संचलन।

(i) **ऊपरीमुखी संचलन** (Upward Movement)—इस प्रकार के संचलन के कारण महाद्वीपों में दो प्रकार से उत्थान होता है—प्रथम, जब महाद्वीप का कोई भाग समीपीय सतह से ऊपर उठ जाता है। इसे उत्थान (up-liftment) या उभार कहा जाता है। द्वितीय, जब महाद्वीप का तटीय भाग समुद्र-तल से ऊपर उठ जाता है। इसे निर्गमन (emergence) कहा जाता है।

(ii) **अधोमुखी संचलन** (Downward Movement)—इसमें महाद्वीपीय भाग दो तरह से नीचे धँसता है—प्रथम, जब स्थल का कोई भाग अपनी समीपीय सतह से नीचे धँस जाता है। इसको अवतलन (subsidence) कहा जाता है। द्वितीय, जब कोई स्थल भाग सागर तल से नीचे बैठ जाता है अथवा जलमग्न हो जाता है। इसको निमज्जन (sub-mergence) कहते हैं। अवतलन की क्रिया कही भी हो सकती है, किन्तु निमज्जन की क्रिया तटीय भागों में ही होती है। उपरोक्त गतियों से पृथ्वी पर महाद्वीप, पठार तथा मैदानों की रचना होती है।

इन निर्माणकारी हलचलों के दो भेद हैं :

- (1) आकस्मिक (Sudden or Rapid),
- (2) मन्द और दीर्घकालिक (Slow and Secular)।

(1) **आकस्मिक हलचलें** (Sudden Movements)—इसके अन्तर्गत भूकम्प तथा ज्वालामुखी की घटनाएँ आती हैं। ये घटनाएँ भू-पटल पर यकायक परिवर्तन उपस्थित कर देती

है। उदाहरणतः, सन् 1885 में एक भूकम्प के प्रभाव से न्यूजीलैण्ड में कुछ स्थल भाग 9 फुट ऊँचा उठ गया था। इसी प्रकार जापान के भूकम्प के कारण सन् 1891 में भूमि का कुछ भाग 20 फुट नीचे धँस गया। भारत में सन् 1819 के कच्छ के भूकम्प से कोई दो हजार वर्गमील क्षेत्र 15 फुट तक भूमि में धँस गया और 600 वर्गमील का एक अन्य स्थलखण्ड ऊपर उठ गया था। इस प्रकार आकस्मिक अथवा तीव्र हलचलो से धरातल के कई भाग ऊपर-नीचे हो जाते हैं, किन्तु इनका प्रभाव केवल स्थानीय (local) रहता है।

(2) **मन्द अथवा दीर्घकालिक हलचले (Slow and Secular Movement)**—इन हलचलों से भू-पटल का विस्तृत क्षेत्र प्रभावित होता है। इन गतियों के कारण धरातल के विशाल भू-भाग धीरे-धीरे ऊपर उठ जाते हैं अथवा नीचे धँस जाते हैं। धरातल के विशाल क्षेत्रों का इस प्रकार ऊपर उठना और नीचे धँसना भू-सन्तुलन सम्बन्धी परिवर्तन अथवा समुद्र-जल के तल-परिवर्तन के कारण होता है। इन दोनों ही परिवर्तनों का धरातल की रचना पर एकसमान प्रभाव होता है। जब धरातल पर भू-सन्तुलन सम्बन्धी परिवर्तन होते हैं तो समुद्र की सतह पर उसका प्रभाव केवल स्थानीय (local) होता है। परन्तु समुद्र-जल के तल में जो परिवर्तन होता है वह विश्वव्यापी होता है। समुद्र-जल के तल में हुए इस विश्वव्यापी परिवर्तन को **मुस्थितिक (Eustatic)** परिवर्तन कहा जाता है। समुद्र की सतह में विश्वव्यापी परिवर्तन हिम-युगों में हिमनदियों के आगे-पीछे हटते समय कई बार हुआ है।

महाद्वीपकारी हलचलो के फलस्वरूप भूमि के ऊपर उठने और नीचे धँसने के अनेक प्रमाण धरातल पर देखे जाते हैं। उनमें से कुछ प्रमाण नीचे दिये जा रहे हैं

भूमि के उन्मज्जन के प्रमाण (Evidences of Emergence)

(1) भूमि के उन्मज्जन का सर्वोत्तम उदाहरण धरातल की प्रस्तरभूत चट्टानें हैं। हम यह भली प्रकार जानते हैं कि सभी प्रस्तरभूत चट्टानों का जन्म समुद्र-गर्भ में हुआ है। अतः यह प्रकट है कि धरातल की सभी प्रस्तरभूत चट्टानें कभी न कभी समुद्र-गर्भ से ही ऊपर उठी हैं। स्वीडन के दक्षिणी-पूर्वी तट के अध्ययन से यह पता चला है कि वह पिछले 100 वर्षों के भीतर लगभग 3 फुट ऊपर उठ गया है। इसी प्रकार फ्लोरिडा और पश्चिमी समूह के तटों के समीप भी उन्मज्जन के प्रमाण मिले हैं। यद्यपि भूमि के उन्मज्जन की यह गति बहुत ही धीमी है परन्तु यदि हम यह समझ लें कि हमारी पृथ्वी करोड़ों वर्ष पुरानी है तो हमें उन्मज्जन के परिमाण का कुछ आभास हो सकता है। पृथ्वी की आदि-अवस्था में इस प्रकार की हलचले बहुधा होती रही होगी, जिसके फलस्वरूप महाद्वीपों की रचना सम्भव हुई होगी।

(2) धरातल के अनेक स्थानों पर समुद्र की वर्तमान सतह से काफी ऊँचाई पर समुद्री गुफाएँ (sea caves), तरंग-जनित वेदिकाएँ (platforms), समुद्री कगारें (sea cliffs) आदि पायी जाती हैं जो धरातल के उन्मज्जन का स्पष्ट प्रमाण हैं।

(3) समुद्र की सतह से काफी ऊँचाई पर समुद्री जीवों के अवशेषों से बनी चट्टानों का विद्यमान होना भी उन्मज्जन को ही प्रमाणित करता है। प्रशान्त तट पर कई स्थानों पर मूँगे की चट्टानें (coral reefs) समुद्र-तल से बहुत अधिक ऊँचाई पर पायी गयी हैं। इस प्रकार सौराष्ट्र के तट पर चोटीला पर्वत के 1173 फुट ऊँचे शिखर पर कंगुकाश्म (Miliolite) नामक चूने का पत्थर पाया जाता है जो कंगुका नामक समुद्री जीव के अवशेषों से बना है।

(4) कई स्थानों पर समुद्री जीवों के कर्पूर (shells) और ऐसी चट्टानें जिनमें जीवों द्वारा निर्मित सुराख हैं, पाये गये हैं। मकरान तट समुद्र-तट से 100 फुट की ऊँचाई पर तथा भारत के पूर्वी तट पर 50 फुट से 100 फुट की ऊँचाई पर समुद्री जीवों के कर्पूर (shells) प्राप्त हुए हैं। पश्चिमी द्वीप समूह और दक्षिणी अमरीका के तटों पर समुद्र की सतह से काफी ऊँचाई पर ऐसी

चट्टाने देखी गयी है जिनमे समुद्री जीवों द्वारा निर्मित सुराख है। अतः ये सब प्रमाण भूमि के उन्मज्जन को ही इंगित करते हैं।

भूमि के निमज्जन के प्रमाण (Evidences of Submergence)

महाद्वीपकारी हलचलों के कारण भूमि का उन्मज्जन ही नहीं होता बल्कि उसका निमज्जन भी होता है। समुद्र के गर्भ में छिपे रहने के कारण यद्यपि निमज्जन के प्रमाण बहुत ही कम देखने में आते हैं किन्तु फिर भी अनेक स्थानों पर ऐसे प्रमाण उपलब्ध हुए हैं जो भूमि के निमज्जन को प्रमाणित करने के लिए पर्याप्त हैं। ऐसे कुछ प्रमाण नीचे दिये जा रहे हैं :

(1) बंगाल में कलकत्ता के समीप झील क्षेत्र में इमारतों और वृक्षों के ऐसे कई अवशेष प्राप्त हुए हैं जो स्पष्टतः भूमि के निमज्जन के द्योतक हैं। यहाँ पर कई वृक्ष, इमारतें व गलियाँ भूमि में नीचे धँसी हुई हैं।

(2) यूरोप के उत्तरी सागर के तट तथा पाण्डिचेरी के निकट ऐसे जीर्णक निक्षेपों (peat-bogs deposits) का पता चला है जो अधिनूतन और अभिनव काल में भूमि के नीचे धँसने को प्रमाणित करते हैं।

(3) पश्चिमी भारतीय तट पर बम्बई के समीप और पूर्वी-तट पर टिन्नैवेली के समीप ऐसे जगलों का पता चला है जो भूमि के निमज्जन के कारण अब भूमि के नीचे दबे हुए हैं। सन् 1878 में बम्बई के समीप तट की खुदाई के समय ऐसे कई वृक्ष पाये गये जो उच्च ज्वार की सीमा से 33 फुट नीचे धँसे हुए थे। इससे यह प्रमाणित होता है कि वहाँ कम से कम 33 फुट भूमि नीचे धँस गयी थी। यहाँ पाये गये सैकड़ों वृक्ष अपनी मूल स्थिति में ही खड़े थे और कुछ झुकी हुई दशा में पाये गये थे। धरातल के निमज्जन का यह बहुत सुन्दर उदाहरण है।

(4) उपरोक्त प्रमाणों के अतिरिक्त धरातल के निमज्जन का उत्कृष्ट उदाहरण इटली में नेपल्स नगर के सेरापीज का मन्दिर है। इस मन्दिर के खण्डहरों के अध्ययन से पता चलता है कि वह छह-सात बार समुद्र में विलीन हो चुका है और फिर ऊपर उठ गया है। इस मन्दिर के तीन खम्भे अभी तक सुरक्षित विद्यमान हैं। ये खम्भे धरातल से 12 फुट ऊँचाई तक एकदम चिकने हैं और 12 से 21 फुट की ऊँचाई तक इनमें समुद्री जीवों द्वारा निर्मित छिद्र बने हुए हैं। इससे यह प्रमाणित होता है कि उक्त मन्दिर 21 फुट तक नीचे धँसा हुआ था। इसके खम्भों में 12 फुट तक समुद्री जीवों द्वारा निर्मित कोई छिद्र नहीं देखे जाते। फिर समयान्तर में यह पुनः ऊपर उठ गया।

पर्वत-निर्माणकारी हलचलें (Orogenetic Movements)

ग्रीक भाषा में 'ओरोज' शब्द का अर्थ पर्वत से होता है। इस 'ओरोज' शब्द से ही 'ओरोजेनेटिक' शब्द बना है, जिसका आशय पृथ्वी की उन हलचलों से है जिनसे पर्वतों की रचना होती है। वस्तुतः ये हलचलें पृथ्वी की क्षैतिज गतियाँ हैं जिसमें तरंगें एक ओर से दूसरी ओर को चलती हैं। यद्यपि इन गतियों का प्रभाव भू-पटल के सीमित क्षेत्र में ही होता है, परन्तु इनसे भू-पटल की शैलों में भारी उथल-पुथल हो जाती है। इन गतिविधियों के कारण भू-पटल की शैलें मुड़ जाती हैं, टूट जाती हैं, अथवा उलट जाती हैं। भू-पटल की शैलों के मुड़ने से ही पर्वतों की रचना होती है।

पर्वतों की रचना करने वाली क्षैतिज गतियों में दो प्रकार की शक्तियाँ कार्यशील होती हैं :

- (क) सम्पीडन गति (Compressional movement),
- (ख) तनाव-मूलक गति (Tensional movement)।

उपरोक्त दोनों प्रकार की गतियों में घनिष्ठ सम्बन्ध है। जब भू-पटल के किसी एक भाग में सम्पीडन होता है तो दूसरे भाग में तनाव उत्पन्न हो जाता है और यदि कहीं तनाव होता है तो अन्यत्र सम्पीडन उत्पन्न हो जाता है। इस प्रकार भू-पटल पर उत्पन्न एक प्रकार की हलचल से दूसरी प्रकार की हलचल पैदा हो जाती है। धरातल पर पर्वतों की रचना इन दोनों ही शक्तियों के संयुक्त प्रभाव का फल है। कुछ विद्वान केवल सम्पीडन गति को ही पर्वत-निर्माण का कारण मानते हैं। किन्तु पर्वत-निर्माण के सीमित क्षेत्र में शक्तियाँ क्षैतिज न होकर सम्पाती रूप में (tangentially) कार्य करती हैं जिससे चट्टानों के स्तरों में काफी तनाव होता है। इस प्रकार पर्वत-निर्माण में सम्पीडन एवं तनाव दोनों ही शक्तियाँ काम करती हैं। वस्तुतः सम्पीडन और तनाव-मूलक गतियों में समय और स्थान द्वारा पृथक्करण कदापि सम्भव नहीं है।

पर्वत-निर्माणकारी हलचलों का भू-पटल पर चार प्रकार से प्रभाव पड़ता है :

- (क) वलन (Folding),
- (ख) भ्रंशन (Faulting),
- (ग) संवलन (Warping)
- (घ) सन्धि (Jointing)

वलन (Folding) ✓

भू-पटल पर जब अवसादी शैलों की रचना होती है तो प्रारम्भ से उसके स्तर (layers) समतल होते हैं। किन्तु पृथ्वी की सम्पीडन गति के कारण जब इन पर विपरीत दिशा में दबाव पड़ता है तो उनमें सिकुड़न पैदा होती है और वे मुड़ जाती हैं। फिच के अनुसार, “शैल स्तरों के इस प्रकार बहुत अधिक मुड़ जाने को ही वलन (Folding) कहा जाता है।”¹

वलन में शैलों की रचना लहरदार हो जाती है जिससे उनमें ऊर्ध्व तथा गर्त बन जाते हैं। लहरदार मोड़ के ऊर्ध्व को अपनति (Anticline) और गर्त को अभिनति (Syncline) कहते हैं। अपनति में शैल-स्तर मोड़ शिखर से विपरीत दिशा की ओर झुके रहते हैं। इनके निर्माण-काल में



चित्र 362—अपनति और अभिनति

शीर्ष भाग में तनाव बहुत अधिक होता है अतः वहाँ बहुत अधिक तोड़-मरोड़ होती है। अभिनति में शिला स्तर की भुजाओं का झुकाव एक-दूसरे के सम्मुख होता है और वे दोनों मोड़ के पोंदे

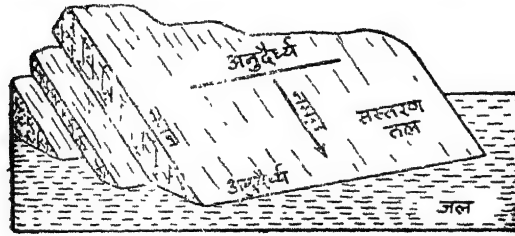
¹ “The class bending of rock layers is called folding.”

—Finch, Trewartha and Shearer

(bottom) में मिलती है। इस प्रकार इसकी आकृति अपनति के विपरीत होती है। भू-पटल के शैलों में पड़ने वाली असाधारण लहरे जब अपनति के रूप में अपने उत्पन्न होने वाले स्थान पर ही बनी रहती है तो इस लहरदार क्षेत्र को स्वस्थानिक पट्टी (Autochthonous belt) कहा जाता है।

सम्पीडन के कारण भू-पटल की शैलों में पड़ने वाले मोड़ कभी भी सरल रूप में नहीं पाये जाते। प्रायः सम्पीडन और तनाव की गति, दिशा और तीव्रता में बड़ा अन्तर होता है। फलस्वरूप भू-पटल के विभिन्न भागों में शैलों में पड़ने वाले मोड़ भी विभिन्न आकार, विस्तार एवं झुकाव के देखे जाते हैं। जब सम्पीडन गति केवल एक ओर से होती है और दूसरी ओर कोई स्थिर कठोर भाग होता है तो भू-पटल पर पड़ने वाली मोड़ें नीची और चौड़ी होती हैं। इससे अपनति और अभिनति का साधारण क्रम बन जाता है। किन्तु स्थिर कठोर भाग के समीप ऊँची अपनतियाँ बनती हैं और गति वाले भाग की ओर उनकी ऊँचाई क्रमशः नीची होती जाती है। ऐसे मोड़ों को विवृत बलन (open fold) कहा जाता है। यदि सम्पीडन गति दोनों ओर से बड़ी तीव्रता के साथ कार्यशील होती है तो भू-पटल पर बलन पड़ने की क्रिया इतनी शीघ्र और जटिल होती है कि जिससे शैले टूटकर उलट जाती हैं अथवा खिसक जाती हैं।

स्तर-विन्यास अवसादी शैलों की सरचना का प्रथम गुण है। इनमें विभिन्न प्रकार के अवसादों का निक्षेप क्रम से एक स्तर के बाद दूसरे स्तर के रूप में होता है। प्रारम्भ में अधिकांश



चित्र 363—अनुदैर्घ्य दिशा और नमन

इनकी यह स्थिति मीलों तक देखी जाती है। ये मुड़े हुए शिला-स्तर प्रायः किसी ऊपर उठे हुए चौड़े बलन का एक किनारा होता है। ये शिला-स्तर अधिकांशतः एक ही दिशा में झुके हुए होते हैं। धरातल में इन मुड़े हुए शिला-स्तर की स्थिति नमन (dip) द्वारा प्रकट की जाती है। समतल धरातल के मोड़ के कारण जो ढाल का कोण बनता है, उसे नमन (dip) कहा जाता है।¹ इसका आधार क्षितिज के लम्बवत रेखा होती है, यद्यपि यह केवल काल्पनिक रेखा ही होती है, इसको कम्पास की दिशाओं में प्रकट किया जाता है। जैसे उत्तर-पूर्व की दिशा में 15 का नमन है। इस प्रकार इस कोण का आधार क्षितिज दिशा के लम्बवत बनने वाली काल्पनिक रेखा है। किसी तल की उस दिशा को जो नमन की दिशा की समतल रेखा से समकोण बनाती है, उसे अनुदैर्घ्य (strike) कहते हैं।² अनुदैर्घ्य के कोण को नापने का आधार स्वयं क्षितिज रेखा होती है। अनुदैर्घ्य को बताने के लिए भी कम्पास दिशाओं का प्रयोग किया जाता है। अनुदैर्घ्य हमेशा धरातल के ऊपर की ओर नापा जाता है। भू-पटल पर बिछे शिला-स्तरों के नमन की दिशा और उसके झुकाव

अवसादों का निक्षेप समतल अथवा बहुत ही कम झुके हुए धरातलों पर हुआ। अतः अवसादी शैलों के स्तर समतल और समान्तर रूप से ही होने चाहिए। किन्तु धरातल के कई भागों में विशाल मोटाई के शिला-स्तर पर्वत-निर्माणकारी हलचलों से मुड़े गये हैं। इसलिए वे अब झुकी हुई दिशा में स्थित पाये जाते हैं। कभी-कभी

1 "The dip in both the direction of the maximum slope down a bedding plane and the angle between the maximum slope and the horizontal." —A. Holms

2 "The strike of an inclined bed is the direction of any horizontal line along a bedding plane," —A. Holms

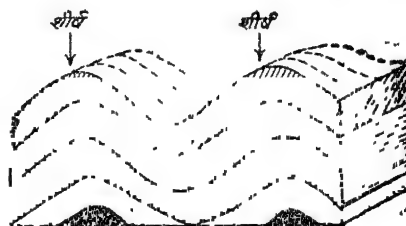
की मात्रा का बहुत बड़ा महत्व होता है, क्योंकि इनके द्वारा ऊपरी धरातल से दी हुई दूरी तक स्तरों की गहराई ज्ञात की जा सकती है। भू-पटल पर किसी शैल-स्तर का दिखाई देने वाला धरातल दृश्यांश (outcrop) कहलाता है।

वलन के प्रकार (Kinds of Folds)

सम्पीडन की तीव्रता और शैलो की संरचना के अनुसार भू-पटल पर कई प्रकार के वलन पड़ जाते हैं। वलन के प्रमुख रूप निम्न हैं।

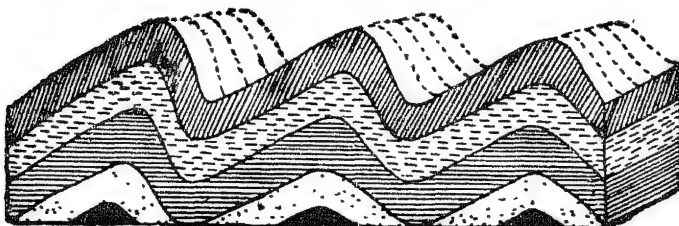
- (1) सुडौल या समित वलन (Symmetrical folding),
- (2) वेडौल या असमित वलन (Asymmetrical folding),
- (3) एकनत वलन (Monoclinal folding),
- (4) समनत वलन (Isoclinal folding),
- (5) परिवलन (Recumbent folding),
- (6) पखाकार वलन (Fan folding),
- (7) अधिक्षिप्त वलन (Overthrust folding),
- (8) ग्रीवाखण्ड या नापे (Nappes)।

(1) **समित वलन (Symmetrical Fold)**— इस प्रकार के वलन में उसकी भुजाएँ सुडौल होती हैं। वलन की दोनों भुजाओं का झुकाव समान होता है इसकी अक्ष-रेखा लम्बवत रहती है और वलन खुले हुए तथा सीधे होते हैं।



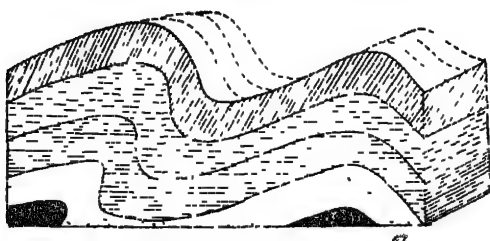
चित्र 364—समित वलन

(2) **असमित वलन (Asymmetrical Fold)**—इस प्रकार के वलन में एक भुजा लम्बी और दूसरी छोटी होती है। लम्बी भुजा का ढाल क्रमिक और छोटी भुजा का तीव्र होता है। दूसरे शब्दों में, जब छोटी भुजा का झुकाव लम्बी भुजा की अपेक्षाकृत अधिक होता है तो उस वलन को असमित वलन कहा जाता है।



चित्र 365—असमित वलन

(3) **एकनत वलन (Monoclinal Fold)**—जब वलन की एक भुजा बिल्कुल लम्बवत होती है और दूसरी भुजा का झुकाव बहुत कम रहता है तो उसे एकनत वलन कहा जाता है। इसका निर्माण सम्पीडन गति द्वारा न होकर पृथ्वी की उदग्र गति द्वारा होता है। उदग्र गति के कारण इसकी एक भुजा ऊपर उठ जाती है और दूसरी भुजा या तो नीचे दब जाती है या यथास्थान बनी रहती है। कालान्तर में यह भ्रंशन का रूप ले लेती है।



चित्र 366—एकनत वलन

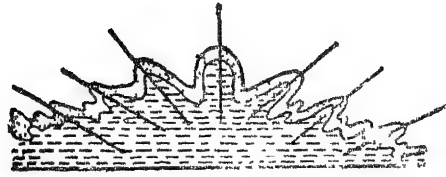
(4) समनत वलन (Isoclinal Fold)—जब सम्पीडन के कारण दोनो दिशाओं से समान



चित्र 367—समनत वलन

दबाव पड़ता है तो मोड़ की दोनों भुजाएँ एक ही दिशा में झुक जाती हैं और एक-दूसरी के समान्तर भी होती हैं। शैलों के ऐसे वलन समनत वलन कहलाते हैं।

(5) परिवलन (Recumbent Folding)—जब किसी शिला-स्तर पर सम्पीडन के कारण विपरीत दिशा से इतना अधिक दबाव पड़े कि उसकी एक भुजा दूसरी भुजा के ऊपर



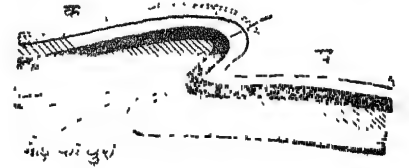
चित्र 368—पंखाकार वलन

चढ़ जाय तो उससे परिवलन की रचना हो जायगी। वस्तुतः जब वलन की दोनों भुजाएँ प्रायः क्षैतिज दिशा में झुक जाती हैं तो उसे परिवलन कहते हैं।

(6) पंखाकार वलन (Fan Folding)—जब किसी क्षेत्र में दोनो ओर से सम्पीडन का दीर्घकाल तक प्रभाव होता रहता है तो उसका मध्यवर्ती भाग मेहराब के रूप में ऊपर उठ जाता है और उसके दायें-बायें मोड़ों का प्रसार हो जाता है। शिलाओं में मोड़ों की इस प्रकार रचना हो जाने से उसका रूप पंखाकार हो जाता है। अतः ऐसे वलन पंखाकार वलन कहलाते हैं।

(7) अधिक्षिप्त वलन (Overthrust Fold)—जब भू-पटल की शैलों पर सम्पीडन अत्य-

धिक बढ़ जाता है तो परिवलन मोड़ अपनी धुरी पर टूट जाता है और उसका एक वृहत शिलाखण्ड खिसककर दूसरे खण्ड पर आरोपित हो जाता है। इस प्रकार शैलों के क्रम में उलट-पुलट हो जाने को उत्क्रम (Thrust) कहते हैं। जिस तल से होकर शिलाखण्ड आगे बढ़ता है उसे उत्क्रम तल (Thrust plane) कहते हैं। वलन का ऊपरी उठा हुआ भाग अधिक्षिप्त वलन कहा जाता है।

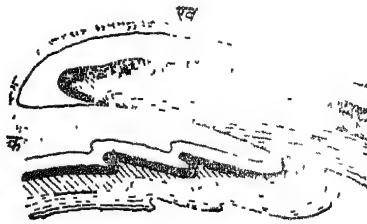


चित्र 369—अधिक्षिप्त वलन

शैलों में इस प्रकार के वलन पड़ जाने से प्राचीनकाल की शैले नवीन शैलों के ऊपर पहुँच जाती है।

(8) ग्रीवाखण्ड (Nappes)—फ्रांसीसी भाषा में 'नापे' का अर्थ मेजपोश से होता है।

जिस प्रकार मेजपोश अपनी मेज से भिन्न होता है, उसी प्रकार नापे (ग्रीवाखण्ड) की चट्टानें अपने नीचे की चट्टानों से भिन्न होती हैं। जब कभी सम्पीडन के अधिक बढ़ जाने से परिवलित मोड़



चित्र 370—ग्रीवाखण्ड

का शिलाखण्ड समूह टूटकर अपने मूल स्थान से बहुत दूर पहुँच जाते हैं तो उसे नापे अर्थात् ग्रीवाखण्ड या प्रच्छेद कहा जाता है। इसमें परिवर्तित मोड़ों की ऊपरी शिलाएँ विभंग तल (plane of fracture) के सहारे मीलों दूर खिसक जाती हैं। अतः इनकी शैलों का उस स्थान की शैलों की रचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। आल्प्स तथा हिमालय पर्वतों में ऐसे अनेक ग्रीवाखण्ड पाये जाते हैं।

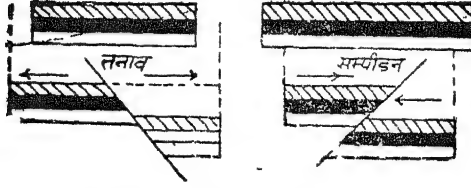
भ्रंश-तल कोण (Hade)—भ्रंश-तल लम्ब से जिस कोण का निर्माण करता है उसे भ्रंश-तल कोण कहा जाता है।

चिह्न (Trace)—शिला-स्तरों की सतह पर पाये जाने वाले भ्रंश-तल के दृश्यांश (outcrop) को चिह्न कहते हैं।

भ्रंशन के प्रकार (Kinds of Fault)

(1) **समान्तर भ्रंश (Parallel Fault)**—जब किसी पर्वत-श्रेणी की रचना सम्पीडन की अधिकता से होती है तो उससे अनुदैर्घ्य के समान्तर भ्रंशों का निर्माण होता है। ऐसे भ्रंश समान्तर भ्रंश कहलाते हैं।

(2) **सामान्य भ्रंश (Normal Fault)**—जब भ्रंशन के कारण भ्रंश-तल के एक ओर के शिला-स्तर टूट कर नीचे धँस जाते हैं और शीर्ष-भित्ति अधःक्षेपित खण्ड की ओर होती है तो उसे सामान्य भ्रंश या गुरुत्व भ्रंश (gravity fault) कहा जाता है। इसमें प्रायः भ्रंशन के दोनों किनारे विपरीत दिशा में खिसक जाते हैं। इस प्रकार के भ्रंश में



चित्र 372—सामान्य भ्रंश और व्युत्क्रम भ्रंश भ्रंशित तहों का प्रसार हो जाता है। इसमें लम्बवत शक्ति बहुत अधिक कार्यशील होती है किन्तु तनाव के कारण फैलाव हो जाता है।

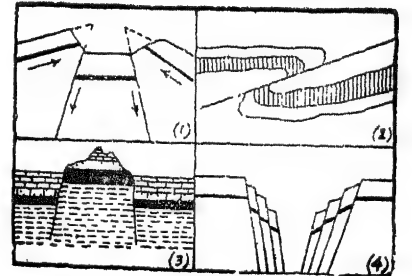
(3) **व्युत्क्रम भ्रंश (Reversed Fault)**—यह सामान्य भ्रंश का विपरीत रूप है। जब भ्रंश-तल का झुकाव तथा अधःक्षेप की दिशा दोनों ही दायीं अथवा बायीं ओर होती है तो व्युत्क्रम भ्रंश का निर्माण होता है। इसमें भ्रंश-तल के ऊपरी भाग की शैले सम्पीडन के कारण निचले भाग की अपेक्षा ऊपर अधिक उठ जाती है और भ्रंश-तल के एक ओर की शैले दूसरी ओर के शिला-स्तर पर चढ़ जाती हैं। इस भ्रंश में शीर्ष-भित्ति उत्क्षेपित खण्ड की ओर होती है। ऐसे भ्रंशन सम्पीडन शक्ति के कारण बनते हैं। अतः इन्हें सम्पीडन भ्रंश (compressional fault) भी कहते हैं। भू-पटल पर इससे प्रभावित क्षेत्र भ्रंश-तल के सहारे कम हो जाता है। भ्रंश-तल के ऊपरी भागों में परिवर्तित मोड़ों की मध्यवर्ती शाखाओं में व्युत्क्रम भ्रंश पड़ने की गति उत्पन्न हो जाती है।

(4) **नमन भ्रंश (Dip Fault)**—इसमें शैलों का खिसकाव नमन कोण की दिशा के समान्तर होता है। इस भ्रंशन में सम्बन्धित शिला-स्तरों की अनुदैर्घ्य दिशा सीधी आर-पार होती है।

(5) **अनुदैर्घ्य भ्रंश (Strike Fault)**—इसमें भ्रंशन सम्बन्धित शिला-स्तरों की अनुदैर्घ्य दिशा के समान्तर होता है।

(6) **क्षेप भ्रंश (Thrust Fault)**—यह भ्रंश उत्क्रम भ्रंश की एक विशेष अवस्था है।

इससे भ्रंश-कोण अत्यन्त न्यून और शिला-स्तरों का विस्थापन (displacement) अभिस्पन्दित (heaved) होता है। यदि क्षेप-भ्रंश के तल का नमन कम होता है तो उसे न्यूनकोण क्षेप (Low angle thrust) कहा जाता है। वलित पर्वतों के क्षेत्रों में ऐसी आकृतियाँ बहुत मिलती हैं। प्रायः इन आकृतियों के दो रूप देखे जाते हैं—(i) बाही उत्क्रम (Over thrust), और (ii) अन्तः उत्क्रम (Under thrust)। बाही उत्क्रम में शैलों का खिसकाव और टूटना ऊपर की ओर होता है जबकि अन्तः उत्क्रम भ्रंश में नीचे की ओर।



चित्र 373—1. सोपान भ्रंश, 2. उत्क्रम भ्रंश, 3. कटक भ्रंश, 4. विप्लव घाटी

(7) **सोपान भ्रंश (Step Fault)**—जब कई सामान्य भ्रंशों का एक ही दिशा में निर्माण होता है तो वे सोपान की भाँति दिखाई पड़ते हैं। ऐसे भ्रंशों को **सोपान भ्रंश** कहा जाता है।

(8) **आड़ा भ्रंश (Oblique Fault)**—जब अनुदैर्घ्य दिशा के आर-पार किसी भी दिशा में शिला स्तरों के खिसकने से भ्रंशन होता है तो उसे **आड़ा भ्रंश** कहा जाता है।

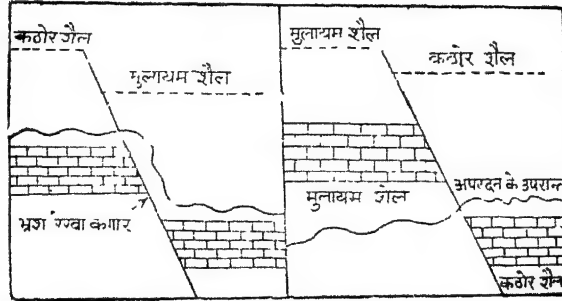
(9) **तिर्यक भ्रंश (Tear Fault)**—यह एक प्रकार का लम्बवत भ्रंशन है किन्तु इसमें भ्रंश-तल के एक भाग के सापेक्ष दूसरे भाग की लम्बवत गति होने की अपेक्षा, विस्थापन भ्रंश-रेखा के सहारे क्षैतिज रूप में होता है। कभी-कभी भूकम्पों के समय इनका प्रभाव देखा जाता है। संयुक्त राज्य अमरीका के सेन एण्ड्रियाज भ्रंश में एक बार यकायक गति आ जाने से सेन फ्रांसिस्को नगर में भूकम्प आ गया था। ब्रिटेन में स्कॉटलैण्ड का ग्रेट ग्लेन (Great Glen) का भ्रंशन विश्व के बड़े-बड़े तिर्यक भ्रंशों में से एक है। यहाँ शिला-स्तरों का क्षैतिज विस्थापन लगभग 65 मील की दूरी तक हुआ है।

भ्रंश जनित भू-आकार (Landforms Resulting from Faults)

भू-पटल पर भ्रंशन के कारण निम्नलिखित भू-आकारों का निर्माण होता है :

- (1) कगार भ्रंश (Fault scrap),
- (2) कटक भ्रंश (Ridge faulting),
- (3) चूल भ्रंश (Hinge faulting),
- (4) घूर्णी भ्रंश (Rotary faulting),
- (5) द्रोणी भ्रंश (Trough faulting)।

(1) **कगार भ्रंश (Fault Scrap)**—जब तनाव द्वारा भू-पटल में भ्रंशन की क्रिया होती है तो उससे शिला-पिण्ड का एक भाग ऊपर उठ जाता है और दूसरा नीचे धँस जाता है। शिलाओं के इस प्रकार खिसक जाने से एक ढालू किनारे वाले पर्वत का रूप बन जाता है। इसी ढालू पर्वतीय रूप को **कगार भ्रंश** कहते हैं। ये कगार भ्रंश उन भागों में पाये जाते हैं जहाँ कुछ ही समय पूर्व भू-गतियाँ हुई हों और जहाँ की जलवायु शुष्क तथा ऋतु-अपक्षय की गति मन्द हो, क्योंकि ऋतु-अपक्षय के कारण इसके ढालू कगार धीरे-धीरे नष्ट हो जाते हैं।



चित्र 374—कगार भ्रंश

ऐसे कगार भ्रंश संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी भाग में अधिक देखे जाते हैं।

जब भ्रंशन असमान कठोरता वाली शैलों में होता है तो नीचे की मुलायम शैल शीघ्रता से घिस जाती है जिससे सतह में अधिक अन्तर पैदा हो जाता है। इनकी कगार भ्रंश रेखा प्रारम्भिक कगार भ्रंश रेखा के समान होती है। अतः इन्हें **मूल भ्रंश रेखा कगार (Resequent fault line scrap)** कहते हैं।

जब कगार भ्रंश में कठोर शैलें नीचे और मुलायम शैलें ऊपर होती हैं तो क्रमिक ढाल की उत्पत्ति होती है। इसमें भ्रंश रेखा कगार प्रारम्भिक कगार भ्रंशन से बिल्कुल विपरीत होती है। इसको **प्रत्यानुवर्ती भ्रंश रेखा कगार (Obsequent fault line scrap)** कहते हैं।

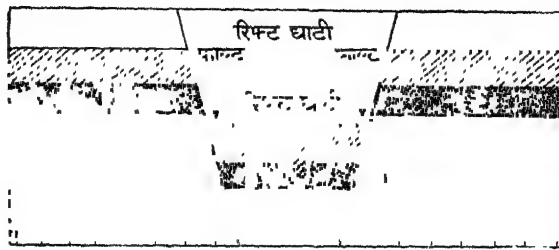
(2) **कटक भ्रंश (Ridge Faulting)**—कभी-कभी तनाव द्वारा भू-पटल पर गहरे भ्रंश बन जाते हैं। जब दो समान्तर भ्रंशों का मध्यवर्ती भाग उद्गति (upheaval) द्वारा ऊपर उठ

जाता है अथवा समान्तर भ्रंशों के बाहर का भाग अधोगति (subsidence) द्वारा निमज्जित हो जाता है तो दोनों ही अवस्थाओं में मध्यवर्ती भाग ऊपर उठे हुए कटक (ridge) के समान प्रतीत होता है, अतः इसको कटक भ्रंश कहा जाता है। जर्मनी में इन्हें अबरोधी पिण्ड या होस्ट (Hoist) कहते हैं। फ्रांस में बॉसजेस, जर्मनी में हर्ज पर्वत तथा ब्लैक फॉरेस्ट के पर्वत होस्ट पर्वतों के अच्छे उदाहरण हैं।

(3) चूल भ्रंश (Hinge Faulting)—जब भ्रंशन में एक किनारे की शैलें यथास्थान स्थित रहती हैं और दूसरे किनारे की शैलों में विस्थापन होता है तो उसे चूल भ्रंश कहते हैं।

(4) घूर्णी भ्रंश (Rotary Faulting)—जब भ्रंशन चूल की गति का होता है और उसमें चट्टानी तहों का एक भाग ऊपर उठा हुआ तथा दूसरा नीचे की ओर धँसा हुआ होता है तो उसे घूर्णी भ्रंश कहते हैं।

(5) द्रोणी भ्रंश या भ्रंश घाटी (Trough Faulting or Rift Valley)—यह होस्ट



का विपरीत रूप है। जब दो समान्तर भ्रंशों का मध्यवर्ती भाग नीचे धँस जाता है तो उसे द्रोणी भ्रंश या भ्रंश घाटी कहते हैं। जर्मन भाषा में इस प्रकार की घाटी को ग्रेबन (Graben) कहा जाता है। सर्वप्रथम ग्रेगरी ने पूर्वी अफ्रीका की महान भ्रंश घाटी (Great Rift Valley) को देखकर ही भ्रंश

चित्र 375—रिफ्ट घाटी

घाटी (rift valley) शब्द का प्रयोग किया। उसने इसकी परिभाषा करते हुए कहा है, "A long strip of country let down between normal faults—on a parallel series of step faults—as if a fractured arch had been pulled apart by tension so that the key-stone dropped in a block or in strips." ग्रेगरी के अनुसार यद्यपि कुछ भ्रंश-घाटियों के तल (floors) स्पष्ट रूप से निमज्जित हुए हैं परन्तु कई ऐसे उदाहरण भी हैं जिनसे यह प्रकट होता है कि वे समीपीय पठारी धरातल के ऊपर उठने की अवधि में केवल पीछे रह गये हैं।

भ्रंश घाटियों की उत्पत्ति

भ्रंश घाटियों की उत्पत्ति का प्रश्न बड़ा विवादास्पद है। इस सम्बन्ध में प्रतिपादित निम्न परिकल्पनाएँ उल्लेखनीय हैं :

(1) तनावमूलक परिकल्पना (Tensional Hypothesis)—लगभग एक शताब्दी पूर्व राइन भ्रंश घाटी की तुलना मेहराब के गिरे हुए आधार पत्थर (keystone) से की गयी थी। इसी से तनावमूलक परिकल्पना की उत्पत्ति हुई। इस परिकल्पना के अनुसार किसी भवन के मेहराब के बीच वाले सबसे ऊपरी भाग में स्थित आधार पत्थर जब मेहराब में दरार के कारण नीचे खिसक जाता है तो बीच में रिक्त स्थान बन जाता है। इसी भाँति धरातल पर चट्टानों में तनाव के कारण दो स्थल-खण्डों के विपरीत दिशा में खिसक जाने के कारण उनके बीच का भाग जब नीचे खिसक जाता है तो वहाँ रिक्त स्थान बन जाता है। इस रिक्त स्थान को ही भ्रंश घाटी (rift valley) कहा जाता है।

भ्रंश घाटी के निर्माण के सम्बन्ध में उपरोक्त परिकल्पना कई गलत धारणाओं पर आधारित है। जैसे भवन के मेहराब के नीचे रिक्त स्थान होता है, फलस्वरूप आधार पत्थर सरलता से नीचे

खिसक सकता है। किन्तु धरातल की चट्टानों के नीचे ऐसा कोई रिक्त स्थान नहीं होता। अतः मध्यवर्ती चट्टाने नीचे नहीं खिसक सकेंगी। यह तभी सम्भव हो सकता है जबकि वह नीचे स्थित मैग्मा को हटा देने में समर्थ हो सके। यदि यह सम्भव हुआ तो भ्रंश घाटी के निर्माण के समय ज्वालामुखी क्रिया होनी चाहिए। किन्तु संसार की कुछ अत्यन्त गहरी द्रोणियों के समीप ज्वालामुखी के कोई चिह्न नहीं पाये गये। इससे स्पष्ट है कि भ्रंश घाटियों के निर्माण में उपरोक्त प्रक्रिया सदैव आवश्यक नहीं है। हाल ही में किये गये पर्यवेक्षणों से यह पता चला है कि भ्रंश घाटी के निर्माण के समय ज्वालामुखी क्रियाएँ शान्त हो गयी थी। यह तभी हो सकता है जबकि लावा के बाहर निकलने का मार्ग बन्द हो गया हो। सम्पीडन द्वारा सकुचन होने पर ही लावे का निकलना बन्द हो सकता है, न कि तनाव द्वारा विस्तार के कारण भ्रंश घाटी के निर्माण होने से। अस्तु आजकल तनावमूलक परिकल्पना अमान्य कर दी गयी है।

(2) **सम्पीडन मूलक परिकल्पना (Compressional Hypothesis)**—इस मत के अनुसार भ्रंश घाटियों की रचना भू-गर्भ में गहराई पर होने वाले सम्पीडन के कारण होती है। इस मत के मुख्य प्रतिपादक वेलैण्ड, बेली बिलिस, वारेन डी० स्मिथ तथा बलार्ड हैं। इनके मतानुसार सम्पीडन के कारण उत्क्रम भ्रंश (thrust fault) के सहारे किनारे वाले खण्ड (horst) ऊपर की ओर सरकते हैं। इन्हें अधिक्षेपण रिफ्ट ब्लॉक (over-thrusting lift block) कहते हैं। ऊपर उठते हुए किनारों के कारण जो दबाव उत्पन्न होता है उसके कारण मध्यवर्ती भाग नीचे खिसक जाता है। इसे 'रिफ्ट ब्लॉक' (rift block) कहा जाता है। रिफ्ट ब्लॉक ऊपर से सँकरा और नीचे से चौड़ा होता जाता है। किनारे की ऊपर उठी हुई दीवारों से चट्टानों का सर्पण (slumping) होता है। इसलिए ऊपर उठी हुई दीवाले सामान्य भ्रंश के सदृश्य दिखाई पड़ती है। अल्बर्ट झील की भ्रंश घाटी में सम्पीडन के स्पष्ट प्रमाण मिलते हैं।

बलार्ड की परिकल्पना (Hypothesis of Ballard)—सन् 1933-34 में बलार्ड द्वारा किये गये घनत्व सर्वेक्षण के परिणामों से भ्रंश घाटियों की उत्पत्ति पर नवीन प्रकाश पड़ा। उसने बताया कि भ्रंश घाटी का रिफ्ट ब्लॉक गुरुत्व के कारण मेहराब के आधार पत्थर की भाँति नीचे नहीं खिसक सकता। इस प्रकार रिफ्ट घाटी का निर्माण तनाव द्वारा नहीं हो सकता। रिफ्ट घाटी का निर्माण दोनों किनारों से सम्पीडन बल के प्रभाव से ही हो सकता है। इस प्रकार बलार्ड भी यद्यपि सम्पीडनात्मक मत को ही मानने वाला है किन्तु इसने अपने विचारों को अधिक स्पष्ट रूप से रखा। इसके द्वारा भ्रंश घाटी की अनेक समस्याओं का समाधान हो जाता है।

भ्रंश घाटियों की उत्पत्ति की समस्या अभी भी पूरी तरह हल नहीं हो सकी है। अब तक जो प्रमाण मिले हैं उनके आधार पर कहा जा सकता है कि अफ्रीका की भ्रंश घाटियों की उत्पत्ति के कारण एकसे नहीं है। लाल सागर और मृत सागर की उत्पत्ति तनाव के कारण भूमि के नीचे धँस जाने के कारण हुई है। बेली बिलिस, जिसने अफ्रीका की पूर्वी और पश्चिमी भ्रंश घाटियों का अध्ययन किया है, के मतानुसार पूर्वी भ्रंश घाटियों की रचना भू-गर्भ में मैग्मा के पिघलने और फैलने से उत्पन्न हुए सम्पीडन के कारण हुई है और पश्चिमी भ्रंश घाटियों का निर्माण भूमि में सिकुड़न पड़ने से हुआ है। भ्रंश घाटियों की रचना में ज्वालामुखी क्रिया का क्या भाग रहा है, यह अभी भी पूरी तरह नहीं समझा जा सका है। अफ्रीका की भ्रंश घाटियों, जो संसार के प्रमुख विवर्तनिक भू-आकार (tectonic features) हैं, आगे की जाने वाली खोजों और अन्वेषण के लिए महत्वपूर्ण क्षेत्र प्रदान करती हैं।

संसार की प्रमुख भ्रंश घाटियाँ

भ्रंश घाटियाँ भू-पटल का बड़ा ही आश्चर्यजनक भू-आकार हैं। जहाँ अनाच्छादन के द्वारा इनकी रूपरेखा में विशेष परिवर्तन नहीं हुआ है वहाँ इनका दृश्य अत्यन्त मनोहारी और

चकित करने वाला होता है। संसार में वैसे तो कई भ्रंश घाटियाँ हैं किन्तु इन सब में पूर्वी अफ्रीका की भ्रंश घाटियाँ विशेष उल्लेखनीय हैं। ये उत्तर में सीरिया से लेकर दक्षिण में जेम्बेजी नदी तक 3000 मील की लम्बाई में फैली हुई है। इस विस्तृत भ्रंश के अन्तर्गत सुप्रसिद्ध जोर्डन की घाटी, मृत सागर, अकाबा की खाड़ी, लाल सागर एवं टैगेनिका, रुडोल्फ, न्यासा आदि पूर्वी अफ्रीका की झीलें स्थित हैं। यह भ्रंश घाटी अपनी समस्त लम्बाई में केवल एक ही द्रोणी नहीं है। वस्तुतः इस भ्रंश घाटी के कई अलग-अलग खण्ड हैं; जैसे—(1) न्यासा झील और उसके विभिन्न खण्ड, (2) पश्चिमी भ्रंश घाटी जिसमें टैगनिक झील से अल्बर्ट झील तक का क्षेत्र सम्मिलित है, (3) ग्रीगोरी या पूर्वी भ्रंश घाटी जो विक्टोरिया झील के पूर्व में है, (4) रुडोल्फ झील और अबीसीनिया खण्ड, तथा (5) अकाबा-मृतसागर खण्ड। अन्तिम दो खण्डों के मध्य लाल सागर स्थित है। इन भ्रंश घाटियों में कुछ बहुत पुरानी हैं और इनके किनारे अनाच्छादन से घिस गये हैं, किन्तु कुछ घाटियाँ नवीन हैं जिससे उनके किनारे बहुत ऊँचे और तेज ढाल वाले हैं। जोर्डन की घाटी ऐसी ही है। इसके दोनों किनारे एकदम दीवार की भाँति हैं जिसमें एक तरफ ज्यूडिया का पठार और दूसरी ओर जोर्डन के नग्न पहाड़ खड़े हैं। इन्हीं के मध्य स्थित भ्रंश द्रोणी में मृत सागर है। अफ्रीका में कुछ भ्रंश घाटियों के साथ लावा के निक्षेप देखे जाते हैं जो इस बात को प्रमाणित करते हैं कि भ्रंशन के पूर्व तथा बाद में दरारों से जो लावा निकला वह इसके इर्द-गिर्द जमा हो गया। अबीसीनिया और पूर्वी अफ्रीका की भ्रंश घाटी के चारों ओर लावा के अतुल निक्षेप देखे जाते हैं। पूर्वी भ्रंश घाटी के बाहर किलीमांजरो और केनिया के ऊँचे ज्वालामुखी पर्वत लावा निक्षेप के ही परिणाम हैं। इसके विपरीत पश्चिम की ओर टैगेनिका जैसी गहरी झील के निकट ज्वालामुखी उद्गार के कोई चिह्न नहीं देखे जाते।

अफ्रीका की भ्रंश घाटियों की चौड़ाई प्रायः एकसी है जो निम्न तालिका से स्पष्ट है।¹

अल्बर्ट झील	35-45 किमी	मृत सागर	35 किमी
उत्तरी टैगेनिका झील	50 ,,	अकाबा की खाड़ी	50 ,,
दक्षिणी ,, ,,	40 ,,	रुडोल्फ झील	55 ,,
रुक्वा ,, ,,	55-70 ,,	न्यासा झील	40-60 ,,

अफ्रीका की भ्रंश घाटियों की दूसरी प्रमुख विशेषता यह है कि इनके दोनों ओर के ऊँचे भाग अथवा पठार एकसी ऊँचाई के नहीं हैं। कई घाटियों के किनारे एक ओर बहुत ऊँचे किन्तु दूसरी ओर नीचे हैं। इन घाटियों के तल (floor levels) में बड़ा अन्तर पाया जाता है। जहाँ टैगेनिका झील समुद्र-तल से 2150 फुट और मृत सागर 2600 फुट तथा न्यासा झील 1005 फुट नीची है वहाँ किबू झील के दक्षिण का भाग समुद्र-तल से 5000 फुट व अल्बर्ट झील के निकट



चित्र 376—राइन भ्रंश घाटी का पार्श्व-चित्र

2000 फुट ऊँचा है। पश्चिमी भ्रंश घाटी की विशेषता यह है कि इसका पार्श्ववर्ती रूबनजोरी पर्वत घाटी से 16,794 फुट ऊँचा है। पूर्वी भ्रंश घाटी भीतरी वाह (drainage) का मुख्य क्षेत्र माना जा सकता है जिसमें धरातल की असमानताओं के कारण कई स्वतन्त्र घाटियाँ बन गयी हैं।²

विश्व की अन्य प्रसिद्ध भ्रंश घाटियों में जर्मनी में बॉसजेस और काले जंगल के बीच राइन

¹ A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 436

² *Ibid* : p. 438

भ्रंश घाटी व स्कॉटलैण्ड में मिडलैण्ड की भ्रंश घाटी विशेष उल्लेखनीय हैं। राइन की घाटी 35 से 45 किमी तथा मिडलैण्ड की 70-80 किमी चौड़ी है। बेकाल झील और लाल सागर भ्रंश घाटियों के ही रूप हैं किन्तु लाल सागर (200-300 किमी) एक अन्य प्रकार की रचना है।

संवलन (Warping)

कभी-कभी महाद्वीप निर्माणकारी हलचलो के कारण भू-पटल पर संवलन हो जाता है। संवलन में भू-पटल का विस्तृत क्षेत्र लहर के समान ऊपर-नीचे हो जाता है। संवलन के ऊपर उठे हुए भाग को भू-अपनति (geo-anticline) और नीचे धँसे हुए भाग को भू-अभिनति (geo-syncline) कहा जाता है। पर्वत निर्माणकारी हलचलों के सम्पीडन के कारण धरातल पर जो वलन (folding) पड़ जाते हैं उनसे चट्टानों के बहुत कम स्तर प्रभावित होते हैं। इसके विपरीत महाद्वीप निर्माणकारी हलचलों से बने संवलन से भू-पटल की शिलाओं के वृहत् स्तर प्रभावित होते हैं तथा इनका क्षेत्र भी बहुत व्यापक होता है। उत्तरी अमरीका का पश्चिमी मैदान भू-अपनति का द्योतक है, जबकि यूरोप में बाल्टिक सागर भू-अभिनति का प्रतीक है। भू-अपनति तथा भू-अभिनति में अनेक छोटे-छोटे (folds) एवं भ्रंश (faults) देखे जा सकते हैं।

सन्धि (Jointing)

स्थानीय तनाव एवं सिकुड़न के कारण कभी-कभी कमजोर शैले चटक जाती हैं। जब इन शिलाओं में किसी प्रकार का कोई विस्थापन (displacement) नहीं होता तो इन शैलों में तनाव के कारण पड़ी दरारों को सन्धियाँ (jointing) कहा जाता है। ये सन्धियाँ शिलाओं की कठोरता, शक्ति, दिशा और क्षमता के अनुसार भिन्न-भिन्न होती हैं। शिलाओं में सन्धियाँ निम्नलिखित अवस्थाओं में बनती हैं :

(i) जब भू-पटल ठण्डा होता है तो आग्नेय शैलें ठण्ड से सिकुड़ती हैं जिससे उनमें सँधें पड़ जाती हैं।

(ii) अवसादी शैल जब सुखती हैं तो सिकुड़ती हैं। फिर सामान्य उत्क्षेप के अनुसार इन पर प्रादेशिक तनाव (regional tension) भी पड़ता है। परिणामस्वरूप इनमें जटिल सन्धियाँ पड़ जाती हैं।

(iii) कुछ शैलों की रचना स्फटीय होती है जिससे उनके स्तर अलग हो जाते हैं। इन्हीं स्तरों के सहारे सँधें पड़ जाती हैं।

(iv) जब शैलों में मोड़ पड़ता है तो सम्पीड़न और तनाव के कारण भी उनमें सँधें बन जाती हैं।

आग्नेय शैलों में सँधों का आकार साधारणतः स्तम्भ की भाँति होता है। किन्तु अवसादी शैलों में इनके तीन रूप देखे जाते हैं :

(1) विदलन सन्धि (Cleavage Joint)—जब शैलों में पड़ने वाली सँध परतों के समानान्तर होती है तो उन्हें विदलन सन्धि कहा जाता है। ये सँधें उन शैलों में मिलती हैं जिन पर दबाव अधिक पड़ता है।

(2) नमन सन्धि (Dip Joint)—ये सन्धियाँ तहों के झुकाव अथवा अत्यधिक ढाल वाली दिशा के समान्तर होती हैं। इन सन्धियों को नमन सन्धि कहा जाता है।

(3) अनुदैर्घ्य सन्धि (Strike Joint)—ये सन्धियाँ परतों के झुकाव पर लम्बाकार खींची गयी रेखा के समान्तर होती हैं। इनको अनुदैर्घ्य सन्धियाँ कहते हैं।

जहाँ ये एक-दूसरे को काटती है वहाँ समकोण बनता है। इन जोड़ों के कारण विभिन्न चट्टानों का रचना-क्रम बड़ा ही जटिल हो जाता है। आग्नेय शैलो को तोड़ने पर पंचभुजाकार खण्ड अलग हो जाते हैं। अवसादी शैले धनरूप पिण्डों में टूटती हैं।

सँधों (joints) के कारण शैलों की तहे बड़ी कमजोर हो जाती हैं, क्योंकि धरातल पर सभी प्रकार की सँधों पर ऋतु-अपक्षय का शीघ्र प्रभाव होता है। वर्षा, पाला, पवन तथा पौधों की जड़ों के द्वारा वे शीघ्रता से खुल जाती हैं। संस्तरण-तल (bedding planes) और सँधों (joints) के इस प्रकार खुल जाने से ही पर्वतीय कगार और चोटियाँ प्रायः राजगीर के द्वारा तराशी गयी प्रतीत होती हैं। समुद्र तटों के ऊपर भी लहरें सँधों के सहारे ही आक्रमण करती हैं। इन सँधों के ढाँचे का खाड़ियों व गुफाओं के विकास एवं नदी के प्रवाह-मार्ग पर गहरा प्रभाव पड़ता है।

34

ज्वालामुखी एवं ज्वालामुखी क्रिया (VOLCANOES AND VULCANCITY)

सभी प्राकृतिक घटनाओं में ज्वालामुखी एक अति विचित्र घटना है। ज्वालामुखी उद्भेदन से न केवल ठोस पृथ्वी ही हिलने लगती है अपितु उसके कठोर भू-पटल को फोड़कर धुआँ, राख, वाष्प एवं गैसें बाहर फूट पड़ती हैं। यही नहीं, ज्वालामुखी विवर से अति तप्त लावा बाहर निकलकर देखते ही देखते धरातल पर विनाश-लीला फैला देता है जिससे बड़ा ही हृदय-विदारक दृश्य उपस्थित हो जाता है। प्रकृति के इस भयानक रूप को देखकर मनुष्य आश्चर्यचकित रह जाता है। यही कारण है कि मानव अति प्राचीनकाल से ज्वालामुखी उद्गारों को दैवी प्रकोप मानकर उनकी पूजा करता रहा है। ज्वालामुखी से प्रभावित जापानवासी आज भी अपने यहाँ के प्रसिद्ध फ्यूजीयामा ज्वालामुखी को पवित्र और देवरूप मानकर उसकी पूजा करते हैं। हमारे देश में पंजाब में ज्वालामुखी स्थान को भी इसी प्रकार पवित्र दैवी रूप मानकर लोग पूजा किया करते हैं।

ज्वालामुखी शब्द ज्वाला + मुखी दो शब्दों से मिलकर बना है जिसका शाब्दिक अर्थ होता है “ऐसा मुख जिसमें से ज्वाला निकलती हो।” वस्तुतः कई बार ज्वालामुखी से आग की ज्वालाएँ उठती हुई दिखाई पड़ती हैं। कारण स्पष्ट है कि ज्वालामुखी उद्गार के समय कई बार ज्वलनशील गैसों जैसे हाइड्रोजन आदि निकलती हैं जिनके प्रज्वलित होने से आग की ज्वालाएँ उठती हुई दीख पड़ती हैं। इसके अतिरिक्त कभी-कभी ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा तथा अन्य शैल खण्ड इतने तप्त होते हैं कि वे दहकते हुए अंगार की भाँति प्रतीत होते हैं। इन सब बातों से ज्वालामुखी से आग की लपटें निकलने का आभास हो जाता है। इसीलिए साधारण लोग प्रायः इसका यही अर्थ लगाते हैं, किन्तु सचमुच में ज्वालामुखी का आग की ज्वाला से कोई सम्बन्ध नहीं है।

प्राचीन समय में भूमध्यसागर में स्थित वोलकेनो द्वीप रोमवासियों द्वारा पातालपुरी का प्रवेश-द्वार माना जाता था। अतः इस द्वीप के नाम पर ही इसे वोलकेनो (volcano) ज्वालामुखी कहा जाने लगा। आधुनिक समय में वैज्ञानिकों ने ज्वालामुखियों को प्रकृति का सुरक्षा कपाट (safety valves of nature) कहा है।

प्रो० गीकी के अनुसार, “ज्वालामुखी लगभग शंक्वाकार पर्वत है जो भू-गर्भ से नली के द्वारा उष्ण वाष्प, गैसें, लावा तथा अन्य चट्टानी पदार्थों का प्रवाह धरातल पर लाता है।”

क्रैडनर के अनुसार, “ज्वालामुखी एक सपाट शंकु है जो एक नली के द्वारा पृथ्वी की गहराई से सम्बन्धित होता है और जो भू-गर्भ से गैसों, ठोस तथा जलते हुए पदार्थों को बाहर निकालने में निकास का कार्य सम्पन्न करता है।”

वोरसेस्टर (Worcester) के अनुसार, “ज्वालामुखी प्रायः एक गोल अथवा लगभग

गोलाकार आकृति का छिद्र अथवा खुला भाग होता है, जिससे होकर अत्यन्त तप्त भू-गर्भ से गैसें जल, तरल लावा एवं चट्टानी टुकड़े आदि गरम पदार्थ पृथ्वी के धरातल पर प्रकट होते हैं।¹

कभी-कभी ज्वालामुखी का अर्थ उस पर्वत अथवा शंकु से लगाया जाता है जो कि ज्वालामुखी से निकलने वाले पदार्थों के निक्षेप से बनता है। किन्तु पर्वत या शंकु तो ज्वालामुखी क्रिया का परिणाम है। वह ज्वालामुखी नहीं कहा जा सकता।

सामान्यतः हम ज्वालामुखी एवं ज्वालामुखी क्रिया (volcanoes and vulcanicity) में कोई भेद नहीं करते हैं, किन्तु भूगोल तथा भू-गर्भशास्त्र में ये दोनों भिन्न बातें हैं। अतः यहाँ इन दोनों की व्याख्या करना आवश्यक है। ज्वालामुखी से हमारा आशय उस छिद्र अथवा दरार से है जिससे होकर गर्म लावा, गैसें, चट्टानों के टुकड़े एवं धूल आदि पदार्थ बाहर निकला करते हैं।

ज्वालामुखी क्रिया ज्वालामुखी से भिन्न है। ऊलरिज तथा मार्गन के अनुसार, 'ज्वालामुखी क्रिया के अन्तर्गत वे सभी क्रियाएँ सम्मिलित की जाती हैं जिनके द्वारा भूगर्भ में स्थित मैग्मा अथवा लावा भूपटल में ऊपर उठता है या भूपटल से बाहर निकलकर ठोस स्फटिक अथवा अर्ध स्फटिक चट्टान के रूप में जम जाता है।'²

फिच एवं द्विवार्था तथा वारसेस्टर ने ज्वालामुखी क्रिया (vulcanicity) के लिए "vulcanism" शब्द को काम में लिया है। इन विद्वानों के अनुसार, 'ज्वालामुखी क्रिया' से तात्पर्य उन समस्त क्रियाओं से है जिनके द्वारा गर्म लावा भू-पटल की ओर अथवा भू-पटल के बाहर आता है। वारसेस्टर के शब्दों में, "Vulcanism includes all phenomena connected with movement of heated material from the interior to or towards the surface of the earth."³

ऊपर की गयी व्याख्या से स्पष्ट है कि ज्वालामुखी क्रिया के दो रूप हैं, आभ्यन्तरिक एवं बाह्य। आभ्यन्तरिक क्रिया में पृथ्वी का भीतरी लावा धरातल की ओर अग्रसर होता है और धरातल के नीचे ही जमकर ठोस बन जाता है। इससे धरातल के नीचे बैथोलिथ, लैकोलिथ, फौकोलिथ, सिल तथा डाइक आदि अनेक रूप बन जाते हैं। बाह्य क्रिया में लावा आदि पदार्थ धरातल के ऊपर प्रकट होते हैं। धरातल के ऊपर ये ज्वालामुखी (volcanoes), धरातलीय प्रवाह (fissure flows), गेसर (geysers), धुआँरे (fumaroles) एवं गर्म जल के स्रोत (hot springs) आदि के रूप में प्रकट होते हैं। उपरोक्त विवेचन से अब यह स्पष्ट है कि ज्वालामुखी-क्रिया (vulcanicity of vulcanism) बहुत ही व्यापक क्रिया है। इसमें अनेक क्रियाएँ सम्मिलित हैं। ज्वालामुखी भी इसी क्रिया का एक अंग है। फिर भी हम व्यवहार में समस्त ज्वालामुखी क्रियाओं को भी ज्वालामुखी शब्द से ही सम्बोधित करते हैं।

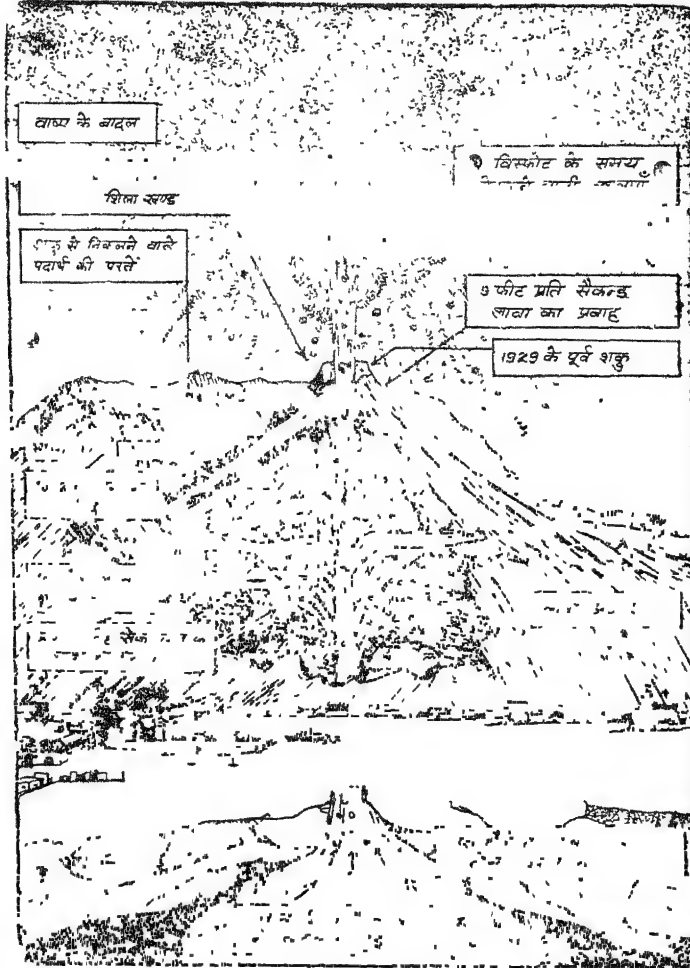
उपरोक्त परिभाषाओं से स्पष्ट है कि ज्वालामुखी का पृथ्वी के गर्भ से घनिष्ठ सम्बन्ध है। अतः वे सभी प्रक्रियाएँ (processes) जिनके द्वारा भू-गर्भ का लावा भू-पटल की ओर अथवा भू-पटल पर बाहर आता है, ज्वालामुखीय क्रिया कहलाती है। किन्तु ज्वालामुखी से तात्पर्य केवल उस छिद्र अथवा दरार से है जिसके द्वारा भू-गर्भ से लावा, गैसें, वाष्प एवं राख आदि पदार्थ समय-समय

¹ "A volcano is a vent, or opening, usually circular or nearly circular in form, through which liquid lava and fragments of rocks are ejected from the highly heated interior to the surface of the earth"—P. G. Worcester, *A Text Book of Geomorphology*, p. 646

² "The term vulcanicity covers all those processes in which molten rock material or magma rises into the crust, or is poured out on its surface, there-to solidify as a crystalline or semicrystalline rock."—Woolridge, S. W. and Morgan, R. S. : *An Outline of Geomorphology*, p. 97, 1960

³ Worcester P. G. : *A Text Book of Geomorphology*, p. 646

पर बाहर निकलते रहते हैं। कभी-कभी ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा तथा अन्य शैल खण्ड इतने तप्त होते हैं कि वे दहकते हुए अगार की भाँति प्रतीत होते हैं। कई बार ज्वालामुखी से बहुत ही प्रज्वलित गोसे भी निकलती हैं। इन सब बातों से ज्वालामुखी से आग की ज्वालाएँ निकलने का आभास हो जाता है। इसलिए इसको ज्वालामुखी कहा जाता है। प्राचीन समय में भूमध्यसागर



चित्र 377—विस्ववियस ज्वालामुखी का पार्श्व-चित्र

में स्थित वोलकेनो द्वीप रोमवासियों द्वारा पातालपुरी का प्रवेश-द्वार माना जाता था। अतः इस द्वीप के नाम पर ही ज्वालामुखी (volcano) नाम पड़ा है। आधुनिक समय में वैज्ञानिकों ने ज्वालामुखियों को प्रकृति के सुरक्षा कपाट (safety valves of nature) कहा है।

ज्वालामुखीय क्रिया के भेद

जैसा ऊपर बताया गया है वे सभी क्रियाएँ जो भू-गर्भ में लावा के भू-पटल की ओर होने वाली गति से सम्बन्धित हैं वे ज्वालामुखीय क्रियाएँ कहलाती हैं। ये ज्वालामुखीय क्रियाएँ स्पष्टतः दो वर्गों में विभक्त की जा सकती हैं :

- (1) अन्तर्वर्ती (Intrusive),
- (2) बहिर्वर्ती (Extrusive)।

(1) **अन्तर्वर्ती क्रियाएँ**—इसमें भू-गर्भ की अतल गहराई में दुबका हुआ लावा भू-पटल की ओर गतिशील होता है और वह भू-पटल पर न पहुँचकर मार्ग में ही रुककर शीतल एव ठोस बन जाता है। इस प्रकार लावा की वे सब क्रियाएँ जो भू-गर्भ के अन्दर होती हैं और जिसके कारण भू-पटल के नीचे अनेक रूप बन जाते हैं वे सब अन्तर्वर्ती क्रियाएँ कहलाती हैं।

(2) **बहिर्वर्ती क्रियाएँ**—वे सभी क्रियाएँ जिनके द्वारा भू-गर्भ के तप्त पदार्थ बाहर निकल कर धरातल पर निक्षेपित हो जाते हैं, बहिर्वर्ती क्रियाएँ कहलाती हैं। इन क्रियाओं के अन्तर्गत ज्वालामुखी, दरारी प्रवाह, ऊष्ण स्रोत, गाइजर, पक-प्रवाह और धुआँरे आदि आते हैं।

ज्वालामुखी की रचना—सामान्यतः ज्वालामुखी एक वृत्ताकार छिद्र अथवा दरार के रूप में प्रारम्भ होता है। उस छिद्र का सम्बन्ध भू-गर्भ में अति गहराई से रहता है। भीतरी उद्वेग से इस छिद्र की रचना होती है। इस छिद्र से भीतरी गरम लावा, तप्त गैसें, उष्ण वाष्प तथा अन्य शैल पदार्थ बाहर निकलते हैं। ज्वालामुखी का यह छिद्र कदाचित् ही कुछ सौ फुट से अधिक व्यास का होता है। इसको प्रायः **ज्वालामुखी नली** (volcanic pipe) कहा जाता है। इस नली के ऊपरी भाग को **ज्वालामुखी** (crater) कहते हैं। उद्भेदन के समय ज्वालामुखी से निकला हुआ पदार्थ मुख के आसपास जमा हो जाता है जिससे वहाँ एक ऊँचा टीला बन जाता है। कभी-कभी ये टीले बहुत ऊँचे होते हैं जिससे इन्हें **ज्वालामुखी पर्वत** कहा जाता है। कई बार ज्वालामुखी पूर्ण शंकु के आकृति वाले होते हैं। यद्यपि प्रायः ज्वालामुखी शंकवाकार पर्वत के रूप में नहीं मिलते हैं। किन्तु ज्वालामुखी ऐसे आकार भी नहीं रखते हैं।

ज्वालामुखी उद्गार की सूचना—जब कहीं ज्वालामुखी उद्भेदन होने वाला होता है तो उसकी सर्वप्रथम सूचना जोरों की गड़गड़ाहट की आवाज से प्राप्त होती है। धीरे-धीरे यह आवाज अधिक तीव्र होती जाती है और साथ ही भूकम्प के धक्के आने प्रारम्भ हो जाते हैं। भूकम्प के धक्के उत्तरोत्तर बढ़ते जाते हैं। इसके अतिरिक्त उद्गार के पूर्व ज्वालामुखी के निकटवर्ती क्षेत्र का ताप बढ़ जाता है। कई बार भूमि नीचे धँस जाती है। उद्भेदन के पूर्व कुओं और स्रोतों का प्रवाह बन्द हो जाता है। कभी-कभी उनमें कीचड़युक्त गंदला पानी आने लगता है। समुद्रों में जल ऊपर-नीचे होने लगता है। पर कई बार ज्वालामुखी उद्भेदन बिना किसी सूचना के बिलकुल आकस्मिक होता है।

ज्वालामुखीय क्रिया के कारण (The Causes of Volcanism)

ज्वालामुखीय क्रिया के सम्भावित कारणों पर किसी भी प्रकार का विचार-विमर्श हमें अत्यन्त गूढ़ सैद्धान्तिक भू-गर्भ-विज्ञान के क्षेत्र में ले जाता है। वस्तुतः भू-गर्भ की भौतिक एवं रासायनिक अवस्थाएँ ही ज्वालामुखीय क्रिया के लिए उत्तरदायी हैं। अतः ज्वालामुखी की क्रिया के कारणों को समझने से पूर्व हमें भू-गर्भीय संरचना का विश्लेषण करना होगा जो भू-गर्भ विज्ञान प्रदान करता है। भू-पटल के नीचे कुछ ही दूरी पर जो भौतिक एवं रासायनिक अवस्थाएँ पायी जाती हैं उनका अभी भी सही-सही ज्ञान प्राप्त करना कठिन है। पृथ्वी की आन्तरिक अवस्थाओं के सम्बन्ध में हमारे जो कुछ विचार हैं वे बहुत ही सीमित ज्ञान पर आधारित हैं। यही कारण है कि भू-गर्भीय अवस्थाओं के सम्बन्ध में विभिन्न भू-गर्भशास्त्रियों के विभिन्न मत हैं। अतः ज्वालामुखीय क्रिया को स्पष्ट करने के लिए हमें कई बातों पर विचार करना होगा। **वारसेस्टर** ने ज्वालामुखीय क्रिया के स्पष्टीकरण के लिए निम्न कारण सुझाए हैं:¹

(1) **ज्वालामुखी का वितरण**—संसार में ज्वालामुखियों का वितरण देखने से स्पष्ट होता

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 174

है कि इनका पृथ्वी के कमजोर भागों से निकट का सम्बन्ध है। संसार के अधिकांश जाग्रत ज्वालामुखी एक बड़ी शृंखला में स्थित हैं, जैसे—प्रशान्त महासागर के चारों ओर के तटीय क्षेत्र, पूर्वी एवं पश्चिमी द्वीपसमूह, एल्यूसियन, हवाई तथा जापान द्वीपसमूह और आइसलैण्ड। ये सब क्षेत्र भू-पटल के अस्थिर (unrest) क्षेत्र हैं।

(2) **दरारी उद्गार का संघटन**—यद्यपि ज्वालामुखी से उद्गारित पदार्थों में कई प्रकार की शैलें होती हैं, किन्तु डेली का कहना है कि दरारी उद्गार के कुल परिमाण का 90 से 95 प्रतिशत बेसाल्ट चट्टानें ही होती हैं। बेसाल्ट चट्टानें भू-गर्भ के अन्दर बहुत ही ऊँचे तापमान वाले क्षेत्र में पायी जाती हैं।

(3) **केन्द्रीय ज्वालामुखी के लावा का संगठन**—केन्द्रीय ज्वालामुखी के उद्गार से निकलने वाले लावा में प्रायः सभी प्रकार की शैलें मिलती हैं। किसी ज्वालामुखी लावा में ग्रेनाइट, किसी में डायोराइट और किसी में ग्रेबो बेसाल्ट जैसी शैलों का संघटन होता है। जब हम लावा की उत्पत्ति पर विचार करते हैं और दरारी उद्गार की प्रक्रिया की केन्द्रीय ज्वालामुखी उद्गार से तुलना करते हैं तो शैलों का यह विभिन्न संघटन बड़ा महत्वपूर्ण है।

(4) **लावा का स्रोत**—ज्वालामुखी के निकलने वाले पदार्थों में लावा मुख्य है। भू-गर्भ में लावा का स्रोत क्या है, इस सम्बन्ध में विद्वानों में मतभेद है। किन्तु विभिन्न भू-गर्भशास्त्रियों ने लावा के स्पष्ट तीन स्रोत स्वीकार किये हैं, जो निम्न हैं :

(क) **बेसाल्टिक अधःस्तर**—अधिकांश भू-गर्भवेत्ताओं एवं भू-भौतिकशास्त्रियों का यह विश्वास है कि भू-पटल से औसत 36 मील नीचे बेसाल्ट की मोटी परत है जो पृथ्वी के केन्द्रों को पूरी तरह से घेरे हुए है। बेसाल्ट की यह परत महासागरों के नीचे कम गहराई पर और महाद्वीपों के नीचे अधिक गहराई पर पायी जाती है। संसारव्यापी दरारी उद्गारों में बेसाल्ट की प्रधानता इस आम धारणा को मजबूत बनाती है कि प्रायः सभी दरारी उद्गार तथा अनेक केन्द्रीय प्रकार के उद्गार में निकलने वाला लावा मुख्यतः भू-पटल में पड़ी विशाल सैधों तथा दरारों के द्वारा बेसाल्टिक अधःस्तर से, अपने संघटन में बिना किसी महत्वपूर्ण परिवर्तन के पृथ्वी के घरातल पर आता है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि यह अधःस्तर सदैव स्थितिज द्रव अवस्था (potentially liquid state) में रहता है। अर्थात् यहाँ तापमान इतना ऊँचा रहता है कि सामान्य वायुदाब के अन्दर यह चट्टानों को द्रवित कर सकता है। किन्तु भू-पटल से 20 या 30 मील नीचे ऊपरी दाब इतना अधिक होता है कि चट्टानें वस्तुतः ठोस अवस्था में रहती हैं। परन्तु पृथ्वी के भीतर किसी भी प्रकार के तनाव अथवा भिंचाव के पड़ने से दरारें बन जाती हैं जो बेसाल्टिक अधःस्तर तक चली जाती हैं। जब भू-पटल पर कहीं दबाव कम हो जाता है तो वहाँ भू-गर्भ में कुछ चट्टानें द्रव रूप में परिवर्तित हो जाती हैं और गैसों एकत्रित हो जाती हैं। ऐसी अवस्था में लावा ऊपर उठता है और लम्बे पक्षितवत् विदारों में दरारी उद्गार (fissure flows) अथवा केन्द्रीय उद्गार के रूप में बाहर फूट पड़ता है।

(ख) **स्थानीय कुण्ड**—कई वैज्ञानिकों की यह मान्यता है कि लावा मुख्यतः केन्द्रीय प्रकार के उद्गारों में बेसाल्टिक अधःस्तर से नहीं आता। इसके विपरीत उनका विश्वास है कि भू-पटल के निकट कई स्थानीय कुण्ड (reservoirs) हैं। इन स्थानीय कुण्डों तक कुछ शैल विभंग (fractures) पहुँच जाते हैं, जो वहाँ दबाव में कमी उत्पन्न कर देते हैं जिससे लावा घरातल पर ऊपर उठ आता है।

(ग) **बैथोलिथ भण्डार**—आग्नेय शैलों के सन्दर्भ में बैथोलिथ के निर्माण का थोड़ा वर्णन किया जा चुका है। इन बैथोलिथ शैलों का वलित पर्वतों के प्रदेशों में वितरण बहुत ध्यान देने

योग्य है। सामान्यतः बैथोलिथ मैग्मा से परिपूर्ण होता है। जब बैथोलिथ का गरम और द्रव मैग्मा ऊपर उठता है तो वह अपने सम्पर्क में आने वाली शैलों को पिघलाकर अपने में मिला लेता है। फलस्वरूप बैथोलिथ के रासायनिक संघटन में परिवर्तन आ जाता है।

ऐसा विश्वास किया जाता है कि बैथोलिथ की ऊपरी सतह बहुत ही ऊँची-नीची होती है। इसके ऊँचे उठे भागों के मध्य प्रायः गर्त पाये जाते हैं। बैथोलिथ के ऊँचे उठे हुए भागों को गुम्बद (cupolas) कहते हैं। गैसीय एवं द्रव पदार्थों में सवहन के कारण अति तप्त लावा गुम्बद में एकत्रित होता है। जहाँ कहीं भू-पटल कमजोर होता है वहाँ विभग उत्पन्न हो जाते हैं। फलस्वरूप बैथोलिथ के गुम्बदों के ऊपर मुख्यतः केन्द्रीय प्रकार के ज्वालामुखी बन जाते हैं। जब बैथोलिथ पूर्णतः ठोस हो जाता है तो स्वाभाविक रूप से ज्वालामुखी शान्त हो जाता है।

(5) ताप का स्रोत—हमारी पृथ्वी सौरमण्डल का अंग है। सूर्य से ही इसकी उत्पत्ति हुई है। सूर्य द्वारा पृथ्वी की उत्पत्ति में विश्वास करने वालों का यह मत है कि पृथ्वी का आन्तरिक ताप सूर्य का ही अवशिष्ट ताप है। इस मत के अनुसार पृथ्वी सूर्य से अलग होने के बाद से अभी तक पूरी तरह से ठण्डी नहीं हुई है। कुछ विद्वानों की मान्यता है कि पृथ्वी के भीतर रेडियोधर्मी पदार्थ पाये जाते हैं। इनके विघटन से ताप उत्पन्न होता है। अतः भू-गर्भ में जो बहुत ऊँचा ताप पाया जाता है उसका कारण रेडियोधर्मी खनिजों का विघटन ही है। कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार भू-गर्भिक हलचलों एवं रासायनिक प्रक्रियाओं के कारण ताप उत्पन्न होता है किन्तु थार्नबरी के अनुसार यह सम्भव है कि उपरोक्त अवस्थाओं में एक से अधिक अवस्थाओं के सम्मिलित प्रभाव के फल-स्वरूप ही पृथ्वी के भीतर ऊँचा तापमान पाया जाता है।

(6) गैसों की उत्पत्ति—ज्वालामुखी उद्भेदन में गैसें ही मुख्य नोदक शक्ति (propelling force) के रूप में कार्य करती हैं। इन ज्वालामुखी गैसों में 80 से 65 प्रतिशत भाग जलवाष्प का होता है। हाइड्रोजन, सल्फेट एवं कार्बन अन्य महत्वपूर्ण गैसों मूल मैग्मा के अवयव (constituents) हैं।

ज्वालामुखी गैसों में जलवाष्प सर्वाधिक महत्वपूर्ण है। ज्वालामुखी विस्फोट में यह बहुत ही महत्वपूर्ण सिद्ध होती है। ज्वालामुखी उद्भेदन के समय जिस परिमाण में वाष्प बाहर निकलती है उसे देखकर विद्वानों ने यह निष्कर्ष निकाला है कि मूल मैग्मा के अतिरिक्त इसकी उत्पत्ति के कई अन्य स्रोत होने चाहिए। वस्तुतः इस जलवाष्प का अधिकांश भाग उस भूमिगत जल से प्राप्त होता है जो ज्वालामुखी विवरों द्वारा भू-पटल के हजारों फुट नीचे तप्त चट्टानों तक पहुँच जाता है। यद्यपि यह सत्य है कि धरातल से कुछ ही मील नीचे ऊपरी दबाव के कारण सभी शैलरन्ध्र एवं दरारें बन्द हो जाती हैं। अतः यह असम्भव प्रतीत होता है कि समुद्र अथवा स्थल का नीचे उतरता हुआ जल लावा के स्रोतों तक पहुँच सके। किन्तु आन्तरिक हलचलों के कारण जब भू-गर्भ की चट्टानों में विभगन अथवा भ्रंशन होता है तो वे जल के नीचे उतरने के लिए सहज मार्ग प्रस्तुत कर देते हैं।

समुद्रतटों के समीप स्थित ज्वालामुखियों में समुद्र-जल निश्चित ही जलवाष्प निर्माण में सहायक होता है। कई ज्वालामुखियों के आधार और उनके शंकु समुद्रतल से काफी नीचे होते हैं। ज्वालामुखी के निरन्तर विस्फोट के कारण शंकु टूटें तथा गुम्बद फट जाते हैं, फलस्वरूप समुद्र का जल तप्त लावा के प्रदेशों में सुगमता से पहुँच जाता है।¹

कुछ स्थानों पर ऊपर उठता हुआ मैग्मा अपने साथ चूने के पत्थर को मिला लेता है

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 484

जिससे कार्बन गैस की उत्पत्ति हो जाती है। यह कार्बन गैस भीतर प्रचण्ड दबाव उत्पन्न करती है, फलस्वरूप लावा ऊपर उठ जाता है।

ज्वालामुखी उद्गार में लावा का निःसृत होना—ज्वालामुखी धीरे-धीरे लावा का ऊपर उठना गैसों की सहायता से होता है। तप्त लावा के साथ सदैव गैसों का संयोग रहता है। भू-गर्भ में लावा के साथ मिली ये गैसें अपरिमित दबाव उत्पन्न करती हैं। गैसों के प्रचण्ड दबाव से लावा भू-पटल की ओर अग्रसर होता है और जहाँ कहीं भू-पटल पर कमजोर स्थल होता है वहाँ ये गैसें भूमि को फोड़कर भारी विस्फोट के साथ बाहर निकल पड़ती हैं। इसके साथ ही लावा, शैलखण्ड एवं राख भी धरातल पर बरस पड़ती है। लावा के भूमि से बाहर निकलने की क्रिया ठीक उसी प्रकार होती है जैसे सोडावाटर की बोतल खोलते ही गैस के साथ कुछ सोडावाटर भी बाहर निकल पड़ता है। लावा की निःसृत होने की यह क्रिया टी० ए० गैगर (T. A. Gaggar) के निम्न शब्दों से और अधिक स्पष्ट हो जाती है :

“The ascent of lava, then, is actuated by the release of pressure on magma when a fracture plane over the magma yields, and the dissolved gas starts vesiculation and consequent liquefaction. The fixed gases react with each other and with air. This heats the system and increases mobility. The heating and forthgoing find out let through the fracture. The result is lava outflow.”¹

ज्वालामुखी से निःसृत पदार्थ

(Materials Ejected from the Volcanoes)

जब ज्वालामुखी का उद्भेदन होता है तो उसमें से कई प्रकार के पदार्थ बाहर निकलते हैं। ये पदार्थ मुख्यतः तीन प्रकार के होते हैं, जो निम्न हैं :

(1) वाष्प तथा गैसें (Vapour and gases), (2) ठोस पदार्थ (Solid materials), (3) द्रव पदार्थ (Liquid materials)।

वाष्प तथा गैसें—वाष्प तथा गैसें ज्वालामुखी उद्गार की प्रेरक शक्ति हैं। अतः जब कभी ज्वालामुखी का विस्फोट होता है तो तीव्र गर्जना के साथ गैसें तथा वाष्प बाहर निकलती हैं। ज्वालामुखी से निकलने वाली गैसों में जलवाष्प सबसे मुख्य है। भीतर से निकलने वाली विभिन्न प्रकार की गैसों में 90 प्रतिशत अंश जलवाष्प का ही होता है। यही कारण है कि जिन ज्वालामुखियों से लावा आदि पदार्थ तो कम निकलते हैं, किन्तु वाष्प में गैसें ज्यादा निकलती हैं वे गैसों के दबाव के कारण उद्गार के समय भीषण विस्फोट करते हैं। यह अनुमान लगाया गया है कि कुछ ज्वालामुखी प्रतिदिन जलवाष्प के रूप में लगभग 50 लाख गैलन जल निकालते हैं। मार्टनीक द्वीप के ज्वालामुखी के एक उद्गार के समय एक ही बार में इतनी वाष्प निकली जितनी विश्व के समस्त कारखानों के वायुमयनों में हो सकती है। एक बार एटना पर्वत से 100 दिन में कोई 1,00,000 घन मीटर वाष्प निकल गयी।² वाष्प के अतिरिक्त ज्वालामुखी से अन्य कई प्रकार की गैसें निकलती हैं। इनमें से कुछ बहुत ही प्रज्वलनशील गैसें होती हैं जिससे उद्गार के समय लपटे उठती हुई दिखाई पड़ती हैं। इन गैसों में हाइड्रोजन सल्फाइड (H_2S) व कार्बन डाई-सल्फाइड मुख्य हैं। कुछ गैसें अत्यन्त ही जहरीली होती हैं। जैसे कार्बन मोनो-ऑक्साइड व सल्फर डाई-ऑक्साइड व क्लोरीन आदि। इनके अतिरिक्त हाइड्रो-क्लोरिक एसिड (HCl), अमोनियम क्लोराइड व अन्य कई दूसरी गैसें भी निकलती हुई पायी जाती हैं। उद्गार के समय धुएँ के विशाल बादल भी आकाश में उठते हुए देखे जाते हैं। माउण्ट

¹ W. D. Thornbury : *Principles of Geomorphology*, p. 485

² M. B. Pithawala : *Marvels of the Earth*, pp. 27-28

पेली के सन् 1902 के उद्भेदन के समय ज्वालामुखी से निकलने वाले धुएँ ने आकाश को इस प्रकार आच्छादित कर दिया कि मध्याह्नकाल भी अर्द्ध-रात्रि में परिणत हो गया। धुएँ का यह विशाल बादल आकाश में 8 मील तक ऊपर उठ गया था। ज्वालामुखी उद्गार के समय कई बार वाष्प की बड़ी मात्रा घोर वर्षा के रूप में बरस पड़ती है। वर्षा से ज्वालामुखी ढालों पर पड़ी उष्ण एवं जल में घुलकर कीचड़ का रूप धारण कर लेती है। इस पंक-प्रवाह से अपार क्षति होती है।

ठोस पदार्थ (Solid Materials)—ज्वालामुखी विस्फोट के समय गैसों के साथ-साथ बड़ी मात्रा में ठोस पदार्थ भी उद्गारित होते हैं। ठोस पदार्थों में कुछ तो भू-पटल की टूटी हुई चट्टानों के शैलखण्ड, जो ज्वालामुखी ग्रीवा की दीवारों अथवा शकुओं के टूटने से बनते हैं, कुछ ठोस लावा के भाग जो ज्वालामुखी नली में पिघले उद्गार के समय लावा के जम जाने से बनते हैं और कुछ लावा के वे ठोस पदार्थ जो लावा के बाहर आने पर हवा में उछलते समय शीतल और ठोस हो जाने से और कुछ लावा में गैसों के बाहर निकल जाने से बनते हैं, सम्मिलित किये जाते हैं। ये सब पदार्थ खण्डित पदार्थ (fragmental products) कहलाते हैं।

ज्वालामुखी उद्गार में निकलने वाले ठोस पदार्थ अनेक आकार-प्रकार के होते हैं। ये बारीक धूल-कणों से लेकर टनो भार के शैलखण्ड तक होते हैं। इन पदार्थों में ज्वालामुखी धूल और राख (volcanic dust or ashes), अंगार (cinders), पिण्ड (blocks), बम (bomb), लैपली (lapilli) व झामक (pumice) उल्लेखनीय हैं। ज्वालामुखी से निभृत बारीक कण वाली धूल एवं मटर के दानों के समान कणों को क्रमशः ज्वालामुखी धूल एवं राख कहा जाता है। कटमाई ज्वालामुखी के भीषण विस्फोट के समय शंकु के उड़ जाने से इतनी धूल और राख आकाश में फँकी गयी कि उसकी कुल राशि 5 घन मील अनुमानित की गयी है। क्रेकेटोआ के उद्गार से निकली धूल व राख तो कल्पना के भी परे है। इस उद्गार में उठे धूल और राख के बादल आकाश में 20 मील की ऊँचाई तक पहुँच गये और प्रबल आँधी के वेग से विश्व के कई चक्कर काटे। इस मात्रा में धूल ने लगभग 82,000 मील की यात्रा 700 मील प्रति घण्टे की चाल से पूरी की। धूल के बादल को 3-4 बार धरती की परिक्रमा करते तो साधारण लोगों ने भी देखा था। विस्फोट के दो वर्षों तक आकाश से इस धूल की लगातार वर्षा होती रही जिससे लाखों वर्गमील भूमि पर धूल फैल गयी।

ज्वालामुखी उद्गार में धूल के अतिरिक्त बड़े आकार के शैलखण्ड भी निकलते हैं। सुपारी के आकार के टुकड़े लैपली कहलाते हैं। एक इंच से लेकर कई फुट व्यास वाले कोणात्मक शैलखण्ड ब्लाक्स अथवा पिण्ड (blocks) कहलाते हैं। भू-गर्भ से पिघला हुआ लावा उद्गार के समय जब काफी ऊँचाई तक वायु में पहुँच जाता है तो वह वायु में चक्कर काटते समय गोलाकार अथवा अण्डाकार रूप धारण कर लेता है। साथ ही वह शीतल होकर ठोस बन जाता है। ठोस लावा के ऐसे खण्ड जब भूमि पर गिरते हैं तो उन्हें बम (bomb) कहा जाता है। मटर के आकार के ज्वालामुखीय रोड़े प्रायः स्कोरी (scory) नाम से पुकारे जाते हैं। ठोस नुकीले चट्टानी ढोंकों को ब्रेसिया (breccia) कहते हैं। ये बन्दूक की गोली की भाँति गिरते हैं। लावा या पथरीले ढोंकों के साथ गैस के मिश्रण से वायु में जमकर छिद्रमय बने रोड़े झामक (pumice) कहलाते हैं। ये स्पंज की भाँति हल्के और फूले हुए होते हैं जिससे पानी में डूबते नहीं हैं। इस प्रकार ज्वालामुखी से निकलने वाले ठोस पदार्थों की रचना में बड़ी विचित्रता पायी जाती है। कुछ पदार्थ तो पत्थर की भाँति ठोस और घने होते हैं और कुछ मधुमक्खी के छत्ते के समान अनेक छिद्रमय। प्लिनी ने प्रसिद्ध विसूवियस ज्वालामुखी का आँखों-देखा वर्णन करते हुए बताया है कि इस विस्फोट में केवल पत्थर, ढोंके, राख व बम ऊपर फेंके गये थे किन्तु लावा का उद्गम नहीं हुआ था। कोसेगुइना

ज्वालामुखी के उद्गार के समय शिला-चूर्ण, राख व अंगार के साथ इतनी विशाल मात्रा में ज्वालामुखी का उद्गार हुआ कि जिनके कारण समुद्र में जहाजों को अपनी यात्रा में भारी बाधा उठानी पड़ी।

द्रव पदार्थ (Liquid Materials)—ज्वालामुखी उद्गार के समय उसके मुख से द्रव रूप में लावा बाहर निकलता है। भू-गर्भ में बहुत गहराई पर अत्यधिक गर्मी के कारण हर प्रकार की चट्टानें एवं खनिज उपरी दबाव के कम हो जाने पर पिघली हुई अवस्था में बदल जाते हैं। भू-गर्भ में रहने पर इसी द्रवित पाषाण राशि को मैग्मा (magma) कहा जाता है। जब यह मैग्मा किसी उद्गारे के फलस्वरूप ऊपर उठता है और धरातल पर ज्वालामुखी विवर से बाहर निकलता है तो उसे लावा (lava) कहते हैं। इस प्रकार लावा मैग्मा का ही दूसरा रूप है।

जब लावा ज्वालामुखी से बाहर निकलता है तो वह दहकते हुए रूप में श्वेत या लाल रंग धारण किये रहता है। किन्तु जब उसकी गर्मी कुछ शान्त होने लगती है तो उसका रंग बादामी और धीरे-धीरे गहरा हो जाता है। ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाला लावा सर्वत्र एक-जैसा नहीं होता। समीपवर्ती दो ज्वालामुखियों के लावा की रचना में भी विशेष भेद पाये जा सकते हैं। इटली के समीपवर्ती ज्वालामुखी एटना, स्ट्राम्बोली तथा वल्केनो द्वारा निःसृत लावा इसका प्रमाण है। हवाई द्वीप के ज्वालामुखियों में भी यह भेद पाया जाता है। इतना ही नहीं, एक ही ज्वालामुखी से निकले लावा की रचना में भी सदा एकरूपता नहीं पायी जाती। संयुक्त राज्य अमरीका में यलोस्टोन नेशनल पार्क के ज्वालामुखियों के कटे-फटे भागों के अध्ययन से उपर्युक्त बात स्पष्ट हो जाती है। लावा में विभिन्न प्रकार की गैसें तथा खनिज मिले हुए रहते हैं। इस आधार पर लावा के कई भेद होते हैं। किन्तु सैकता (silica) की मात्रा के आधार पर लावा के प्रमुख दो भेद होते हैं।

(1) आम्लिक लावा (Acid Lava),

(2) पैठिक लावा (Basic Lava)।

(1) **आम्लिक लावा**—इस लावा में सिलिकन तत्त्व की प्रधानता पायी जाती है। यह भार में हल्का किन्तु गाढ़ा होता है। यह अधिक ताप पर पिघलता है। इसका रंग बादामी होता है। गाढ़ा होने से यह बहुत धीरे-धीरे बहता है। हल्के गुलाबी रंग की 'रामोलाइट' नामक चट्टान इसी लावा के ठण्डे होने से होती है।

आम्लिक लावा बहुत चिपचिपा होता है और इसमें गैसें भी अधिक मिली होती हैं। इसलिए जब यह लावा बाहर निकलता है तो भयानक विस्फोट होता है। इसलिए वे ज्वालामुखी जिनसे आम्लिक लावा का उद्गार होता है, विस्फोटीय ज्वालामुखी होते हैं। आम्लिक लावा की सतह बहुत ऊबड़-खाबड़ होती है क्योंकि इसमें से बाहर निकलने वाली गैसें इसको ऊँचा-नीचा कर देती हैं। सामान्यतः इसकी सतह शुष्क और ऐठनदार होती है।

(2) **पैठिक लावा**—इस लावा में सैकता की मात्रा कम होती है। इसकी रचना में अधिकांश वे पदार्थ होते हैं जो धातु-वर्ग के तत्त्वों के ऑक्सीजन के साथ यौगिक होते हैं। ये पदार्थ सैकता तत्त्व की अपेक्षा कम तापमान पर पिघल जाते हैं। इस कारण पैठिक लावा शीघ्र पिघलने वाला और पतला होता है। इसी कारण यह तीव्र गति से प्रवाहित होता है। यह लावा भस्मीय द्रव-प्रधान होने से भारी होता है। यह गहरे अथवा काले रंग का होता है। इसमें गैसें कम रहती हैं। धरातल पर आने पर यह शीघ्र ठण्डा हो जाता है। अतः यह शीशे की भाँति परतों में जमता है। इस लावा के जमने से 'बेसाल्ट' एवं 'एण्डेसाइट' चट्टानों की रचना होती है। पैठिक लावा में गैसों की न्यूनता होने से उद्गार के समय कोई धड़ाका या विस्फोट नहीं होता। ऐसे लावा का निःसृण प्रायः दरारों के द्वारा शान्तिपूर्वक होता है।

आम्लिक एवं पैठिक लावा में गैसों के बाहर निकलने पर कभी-कभी उनके बाह्य-पृष्ठ पर

छिद्र बन जाते हैं। अतः ऐसे छिद्रमय लावा को स्पंज लावा (spongy lava) कहा जाता है। जब लावा में छिद्र अधिक बड़े होते हैं तो उन लावा-पिण्डों को अवरकर (scoria) कहते हैं। जो लावा अत्यधिक छिद्रयुक्त और हल्का होता है तथा पानी पर तैरने लगता है तो उसे क्षामक (pumice) कहा जाता है।

लावा द्रव पदार्थ होने से बहता है। किन्तु इसकी प्रवाह गति भूमि के ढाल और लावा की तरलता पर निर्भर करती है। अधिक ढाल भूमि पर इसका प्रवाह तेज होता है। इसी प्रकार पैठिक लावा आम्लिक लावा की अपेक्षा अधिक गतिशील होता है। सामान्यतः पैठिक लावा की गति 5 से 10 मील प्रति घण्टा होती है किन्तु सन् 1805 में प्रसिद्ध विसूवियस के उद्गार के समय लावा का वेग 50 मील प्रति घण्टा पाया गया था। इसके विपरीत, एटना ज्वालामुखी के उद्गार में लावा की गति $\frac{1}{4}$ मील प्रति घण्टे से भी कम थी।¹ लावा-प्रवाह से धन-जन की अपार क्षति होती है। एटना के सन् 1928 के उद्गार के समय एक 100 फुट चौड़े लावा की धारा 20 फुट प्रति मिनट की चाल से प्रवाहित होकर समुद्र तक पहुँच गयी। लावा की इस धारा से एक नगर पूरी तरह लुप्त हो गया।

लावा गोद या डामर की भाँति चिपचिपा पदार्थ होता है। इसलिए अन्य तरल पदार्थों की भाँति शीघ्र नहीं बह पाता। कभी-कभी इसका प्रवाह इतना मन्द होता है कि वह गतिहीन सा लगता है। किन्तु जब तक वह शीतल होकर कठोर नहीं हो जाता, बहता रहता है। पर वस्तुतः लावा बहता नहीं लुढ़कता है। ऊपर का अंश ही सामने की ओर लुढ़ककर आगे बढ़ जाता है। परन्तु ऊपर का अंश शीघ्र ही ठण्डा होने लगता है और ठण्डा होने से जमकर कठोर हो जाता है। इसलिए कभी-कभी ऐसा होता है कि ऊपर की पपड़ी ठण्डी होकर स्थिर हो जाती है परन्तु उसके अन्दर का लसलसा पदार्थ गरम और द्रव अवस्था में ही बने रहने के कारण आगे की ओर लुढ़कता रहता है। ऐसी दशा में बहुधा यह होता है कि ऊपर की ओर पपड़ी खिचाव के कारण विभिन्न आकार-प्रकार के पिण्डों (blocks) में टूट जाती है। ये असम्बद्ध पिण्ड भी नीचे के खिसकते हुए पदार्थ पर डगमगाते हुए आगे बढ़ जाते हैं। अन्त में जब लावा ठण्डा होकर प्रवाह-शून्य हो जाता है तो इन अगणित पिण्डों के कारण उसका धरातल ऊबड़-खाबड़ और ऐंठा हुआ रूप धारण कर लेता है। हवाई द्वीप में इस प्रकार के विचित्र धरातल वाले लावा को कर्कश (aa-a hah) कहते हैं। इसे पिण्ड लावा (block lava) कहते हैं। कभी-कभी लावा के ठण्डे होने पर उसका ऊपरी धरातल चिकना, गोल और मोटे टीलों वाला रूप ग्रहण कर लेता है। दूर से देखने पर लावा का यह धरातल 'कछुए की खोपड़ी' अथवा 'गेडे की खाल' की भाँति प्रतीत होता है। लावा के ऐसे धरातल को हवाई निकासी पाहो-हो (pahoe-hoe) कहते हैं। ऐसे लावा को रज्जुसम लावा (papy lava) भी कहा जाता है। जब इस प्रकार का लावा समुद्र-जल अथवा किसी शीतल जल राशि में पहुँच जाता है तो वहाँ इसका निक्षेप तकियों के ढेर की भाँति हो जाता है। इसलिए इसको शिरोधान लावा (pillow lava) कहा जाता है।

कई बार लावा जब ज्वालामुखी के नीचे की ओर अग्रसर होता है तो बहुधा उसकी ऊपरी पपड़ी शीतल होकर गतिहीन हो जाती है परन्तु भीतरी लमलसा पदार्थ ढाल के नीचे की ओर लुढ़कता जाता है, जिसमें पपड़ी के नीचे खोखला स्थान रह जाता है जो एक कन्दरा का रूप धारण कर लेता है। अनेक ज्वालामुखी क्षेत्रों में लावा की बनी चट्टानों में इस प्रकार की कन्दराएँ पायी जाती हैं। ज्वालामुखी के शान्त हो जाने पर उसके मुख में जो वर्षा जल एकत्रित हो जाता है वह इन कन्दराओं के द्वारा कहीं झरने और कहीं स्रोतों के रूप में बह निकलता है।

ज्वालामुखी उद्भेदन के प्रकार (Forms of Volcanic Eruptions)

ज्वालामुखी उद्भेदन के समय भू-गर्भ से लावा, वाष्प, गैसे तथा शैल-चूर्ण आदि पदार्थ भू-पटल पर किसी एक निश्चित पद्धति के अनुसार बाहर नहीं आते हैं। भू-गर्भ से पदार्थों को ऊपर फेंकने की शक्ति के आधार पर ज्वालामुखी उद्गार के तीन रूप हैं।

- (1) विस्फोटक अथवा केन्द्रीय उद्भेदन (Explosive or Central Eruption),
- (2) अपस्वावी अथवा शान्त उद्भेदन (Effusive and Quiet Eruption),
- (3) दरारी उद्भेदन (Fissure Flows or Mass Eruption)।

(1) विस्फोटक अथवा केन्द्रीय उद्भेदन—जब ज्वालामुखी उद्गार किसी एक केन्द्रीय मुख से भारी धडाको के साथ होता है तो उसे केन्द्रीय अथवा विस्फोटक उद्भेदन कहते हैं। इस प्रकार के उद्गार में प्रचण्ड विस्फोटक ध्वनि तथा कम्पन होता है और चारों ओर गड़गड़ाहट की आवाज सुनाई पड़ती है। आकाश में भयानक काले-काले बादल छा जाते हैं। नुकीले टुकड़ों की बौछार के साथ-साथ लावा निकलना आरम्भ होता है। इस प्रकार के उद्गारों में भूकम्प आ जाते हैं और चारों तरफ बड़ा भयानक दृश्य हो जाता है। किन्तु इनके द्वारा महत्वपूर्ण भू-रचना नहीं होती। इस प्रकार के विस्फोटक उद्गार सिसली के एटना, इटली के माउण्ट विसुवियस, जापान के फ्यूजीयामा और लिपारी द्वीप-पुंज के बाल्कन ज्वालामुखी में बहुत आते हैं।

जब पृथ्वी ठण्डी होने लगती है तो विस्फोटक उद्गार इतना भीषण हो जाता है कि आसपास के क्षेत्र नष्ट होकर कागज की भाँति उड़ जाते हैं, किन्तु ऐसा उस समय होता है जबकि पृथ्वी के भीतर चट्टानों के ठोस पड़ने से पिघली चट्टानों की राशि में लावा का अंश कम हो जाता है और उसके स्थान पर गैसे इकट्ठी होती रहती हैं, जो बड़े धड़ाके से धरातल पर आती हैं। इनके साथ राख और ठोस टुकड़े भी आते हैं।

(2) अपस्वावी या शान्त उद्भेदन (Effusive or Quiet Eruption)—इन ज्वालामुखी उद्गारों द्वारा पृथ्वी के गर्भ से कुछ ही स्थानों पर पिघला हुआ लावा आदि निकलकर जम जाता है और लावा गुम्बद का रूप धारण कर लेता है। इस प्रकार के उद्गार भीषण नहीं होते। ज्वालामुखी की नली में भग्ना उबलता रहता है और झाग या फेन की भाँति ऊपर उठ आता है। लावा के साथ धुआँ भी निकलता रहता है। इस प्रकार के ज्वालामुखी उद्गारों के मुख्य उदाहरण .हवाई, समोआ, स्ट्राम्बोली और आइसलैण्ड के ज्वालामुखी हैं।

(3) दरारी उद्भेदन (Fissure Eruption)—यद्यपि दरारी उद्भेदन भी ज्वालामुखी ही है किन्तु इसमें लावा का उद्गार किसी एक मुख से न होकर भू-पटल पर पड़ी अनेक दरारों से होता है। इन दरारों से उबल-उबलकर लावा बाहर आकर भूमि पर फैलता जाता है। दरारी उद्गार में गैसों तथा चट्टानी पदार्थों का पूर्ण अभाव रहता है। फलस्वरूप दरारी उद्भेदन में भीषणता नहीं होती। ये उद्गार प्रायः शान्त होते हैं। इनसे निकलने वाला लावा चारों ओर फैलकर कठोर परतों के रूप में जम जाता है। स्थल-भाग पर ऐतिहासिक काल में दरारी उद्गार बहुत ही कम हुए हैं। आइसलैण्ड में सन् 1873 में एक 17 मील लम्बी दरार की अनायास ही रचना हुई जिससे लावा फूटकर बाहर आने लगा। इस लावा-प्रवाह ने अपने समीपवर्ती 218 वर्गमील क्षेत्र को घेर लिया जिससे इस द्वीप के $\frac{1}{2}$ निवासी मर गये। ऐसा विश्वास किया जाता है कि भारत, फ्रांस और उत्तरी-पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका के विस्तृत लावा के पठार दर्शनी-काल में हुए बृहत् दरारी उद्भेदनों के परिणामस्वरूप ही बने हैं। संयुक्त राज्य अमरीका के वाशिंगटन तथा ओरेगोन-राज्यों में कोई 2,50,000 वर्गमील क्षेत्र में 4000 फुट मोटा लावा जमा हुआ है जो निश्चय ही दरारी उद्भेदन का फल है। लावा के इस पठार का वर्णन करते हुए ग्रीकी ने लिखा है,

"We had been riding for two days over fields of basalt, level as lak-bottoms....It was as if the great plain had been filled with molten rock which had kept its level and wound in and out along the bays and promontories of the mountains slopes as a sheet of water would have done."¹ आइसलैण्ड, ग्रीनलैण्ड, स्कॉटलैण्ड व ब्राजील के लावा-क्षेत्र दरारी उद्भेदन के अन्य महत्वपूर्ण उदाहरण हैं। दरारी उद्भेदन में मुख्यतः बेसाल्टिक लावा ही निकलता है। इस लावा की एकसमान रचना यह प्रकट करती है कि इस लावा का प्रवाह सीधा नीचे की सीमा (sima) से होता है और मार्ग में कहीं भी यह दूषित नहीं होने पाता।

आधुनिक ज्वालामुखीय क्रिया सम्बन्धी कोई भी बड़ा दरारी उद्भेदन ज्ञात नहीं है। किन्तु छोटे-छोटे गौण उद्गार होते रहते हैं। सन् 1935 में मोनालोआ के समीप एक दरार खुल गयी थी। इससे लावा निकलकर पर्वतीय ढाल के नीचे बह चला और नगर की जलदाय योजना को खतरे में डाल दिया। किन्तु फिर यह अधिक विनाश करने के पूर्व ही बन्द हो गया।

ज्वालामुखी उद्भेदन के विशिष्ट रूप

न तो संसार के समस्त ज्वालामुखियों का उद्गार एक समय में ही होता है और न उनका स्वरूप ही एकसा होता है। यहाँ तक कि एक ही ज्वालामुखी के विभिन्न काल के उद्गारों में भी अत्यधिक असमानता पायी जाती है। इसलिए संसार के समस्त ज्वालामुखियों के उद्गार का कारण एक ही शक्ति है, इस बात में भी शंका होने लगती है। फिर भी अनेक ज्वालामुखियों के उद्गारों की अवस्था का मनन करने पर उनमें ऐसा सम्बन्ध स्थापित हो जाता है, जो क्षीण क्रम-विन्यास द्वारा एक अभिन्न श्रेणी का रूप धारण कर लेता है। फिर भी उन उद्गारों की विशेषताओं के अनुसार हम उन्हें अलग-अलग श्रेणियों में विभाजित कर सकते हैं।

ज्वालामुखी के स्वरूप

जर्मन भू-तत्त्ववेत्ताओं ने उद्गार के स्वरूप के अनुसार ज्वालामुखियों की सात श्रेणियाँ निर्धारित की हैं। एक ही ज्वालामुखी समय-समय पर विभिन्न श्रेणियों के अन्तर्गत आ सकता है। ये श्रेणियाँ उन ज्वालामुखियों के उद्गारों के अनुसार निश्चित की गयी हैं जो आजकल जाग्रता-वस्था में हैं। ये श्रेणियाँ निम्न हैं :²

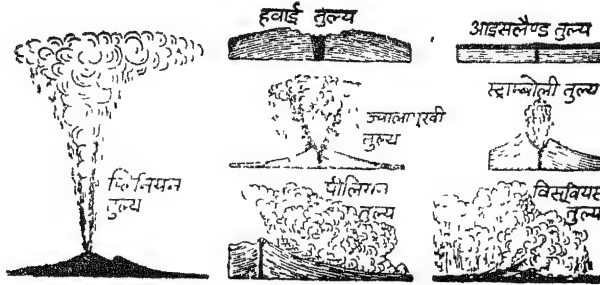
(1) हवाई तुल्य (Hawaian Type)—इस प्रकार के ज्वालामुखी में भीषण विस्फोट कदाचित ही होते हैं। वस्तुतः इसमें लावा बहुत तरल होता है जो प्रायः शान्तिपूर्वक बाहर निकलता है। तरल लावा का प्रवाह बड़ी द्रुत गति से होता है और वह एक विस्तृत क्षेत्र में फैल जाता है। यहाँ लावा से धागे के समान पतले लावा-पिण्डों की रचना हो जाती है जिन्हें हवा उड़ा ले जाती है। ऐसे पतले लावा-पिण्डों को यहाँ हवाई की अग्नि-देवी 'पीली' के नाम पर पीली के केश (Pele hair) कहा जाता है। इन ज्वालामुखियों में गैसों भी कम और धीरे-धीरे बिना किसी विस्फोट के निकलती हैं। हवाई द्वीप का मोनालोआ ज्वालामुखी इसका सर्वोत्तम उदाहरण है। इस द्वीप के अधिकांश ज्वालामुखी इसी प्रकार के हैं।

(2) स्ट्राम्बोली तुल्य (Strombolian Type)—भूमध्यसागर में सिसली द्वीप के उत्तर में स्थित स्ट्राम्बोली ज्वालामुखी के आधार पर इस वर्ग का नाम रखा गया है। इस प्रकार के ज्वालामुखी में बेसाल्ट लावा ही निकलता है किन्तु यह लावा हवाई प्रकार के लावा से कम तरल होता है। फलस्वरूप ज्वालामुखी से निकलने वाली गैसों के मार्ग में बाधा पड़ती है जिससे कभी-कभी भयानक विस्फोट होता है। उद्गार के साथ बम, अवस्कर, झामक व राख आदि पदार्थ बाहर निकलते

¹ S. W. Woolridge and R. S. Morgan : *An Outline of Geomorphology*, p. 104.

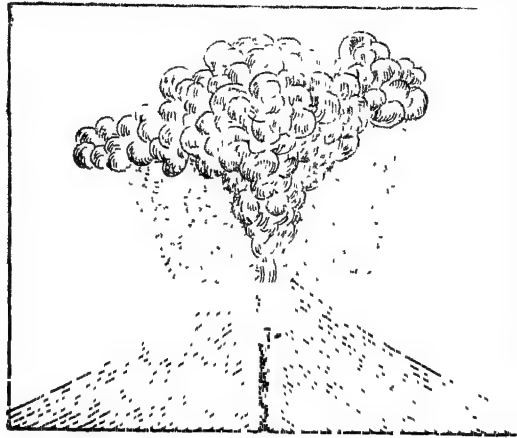
² A. Holms : *Principles of Physical Geology*, pp. 461-62

देखे जाते हैं। तरल लावा हवा में काफी ऊँचाई तक फेका जाता है जो ठण्डा एवं ठोस होकर पुनः कुछ ज्वालामुखी में और कुछ उसके ढालों पर गिर पड़ता है। स्ट्राम्बोली में लगभग निरन्तर उद्गार होता रहता है। इससे धुएँ के बादल नहीं उठते अपितु प्रज्ज्वलित गैसें बाहर निकलती रहती हैं। इसी कारण स्ट्राम्बोली को भूमध्य सागर का प्रकाश-गृह कहा जाता है।



चित्र 378—ज्वालामुखी उद्भेदन के विभिन्न रूप

(3) वलकेनो तुल्य (Vulcanian Type)—स्ट्राम्बोली के निकट ही लिपारी द्वीप में वलकेनो ज्वालामुखी स्थित है। इसी के आधार पर इस समूह के ज्वालामुखियों का नामकरण किया गया है। इस प्रकार के ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा बहुत गाढ़ा होता है जिससे प्रत्येक लावा-प्रवाह के उपरान्त मुख बन्द हो जाता है। अतः प्रत्येक नये उद्गार के साथ भीषण विस्फोट होता है और लावा की जमी ठोस ऊपरी पपड़ी तोड़ दी जाती है। इस कारण उद्भेदन के बाद प्रायः शैलखण्ड बाहर फेंके जाते हैं। इसके अतिरिक्त उद्भेदन के समय बड़ी मात्रा में बाष्प और धूल बाहर निकलती है, जिससे 'गोभी के फूल की भाँति' (cauliflower-like) काला बादल ज्वालामुखी के ऊपर छा जाता है। इस प्रकार के ज्वालामुखी स्ट्राम्बोली की भाँति प्रज्ज्वलित नहीं होते। इनमें आम्लिक और पैठिक दोनों प्रकार का लावा निकलता हुआ देखा जा सकता है किन्तु ऐसा एक ही ज्वालामुखी से नहीं होता। इन ज्वालामुखियों में भीषण विस्फोट बहुत होते हैं।

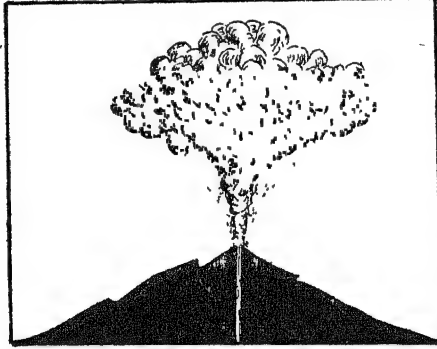


चित्र 379—वलकेनो तुल्य ज्वालामुखी

(4) पीलियन तुल्य (Pelean Type)—पीली पश्चिमी द्वीपसमूह में मार्टिनिक द्वीप का ज्वालामुखी है। इसमें सर्वाधिक भीषण विस्फोट होता है। इसमें से निकलने वाला लावा बहुत लसदार होता है, इस कारण ज्वालामुखी ग्रीवा में कठोर पट्टी पड़ जाती है। उद्गार के समय गैसों के प्रसार से धड़के की आवाज होती है। इससे निकलने वाली गैसें इतनी सतृप्त होती हैं कि आकाश में मँडराते हुए बादल प्रकाशवान हो जाते हैं। ज्वालामुखी के निकट अनेक रंगों में प्रज्ज्वलित गैसों देखी जाती हैं। विस्फोट के समय बड़ी मात्रा में धूल व अन्य शिला प्रकार के शिखाखण्ड बाहर निकलते हैं जिससे समस्त वातावरण धूलमय हो जाता है। 8 मई, 1902 ई० में पीली के उद्गार

के समय गैस एवं धूल का एक अत्यन्त काला बादल उत्पन्न हुआ। इसकी गति इतनी तीव्र थी कि समीपवर्ती वन में धूल-कणों से वृक्षों की हरी छाल उड़ गयी थी।

(5) **विसूवियस तुल्य (Visuvias Type)**—विसूवियस इटली का प्रसिद्ध ज्वालामुखी है।



चित्र 380—विसूवियस तुल्य ज्वालामुखी

इसमें से निकलने वाला लावा अधिक गैसयुक्त होने से विस्फोटित होता है। अतः इसमें उद्गार के साथ भयानक विस्फोट होता है। इस उद्गार में गैसों काफी ऊँचाई तक जाती हैं और फूलगोभी के आकार का बादल बन जाती है। ऊपर उठती हुई गैस अपने साथ राख और अन्य विखण्डित पदार्थों को भी ले चली जाती है, जिससे उद्गार के काफी समय बाद तक राख बरसती रहती है।

विसूवियस के प्रथम ऐतिहासिक उद्गार का प्लिनी ने अपने मित्र टैसिटस को पत्रों द्वारा ऐसा सुन्दर वर्णन भेजा कि विसूवियस के उस

उद्गार जैसे अन्य ज्वालामुखी उद्गारों को उसी के नाम पर प्लिनियन तुल्य नाम दे दिया गया है। ताम्बोरो, क्रेकेटोआ, सेण्टा मेरिया और कटमाई के प्रसिद्ध उद्गारों की गणना इसी श्रेणी में की जाती है।

(6) **मिश्रित उद्गार (Mixed Type)**—ऐसे ज्वालामुखी उद्गारों में लावा के साथ-साथ कुछ अंशों में शैलखण्ड विस्फोटक ध्वनि के साथ निकलते हैं। अधिकांश ज्वालामुखी उद्गार इसी श्रेणी में आते हैं।

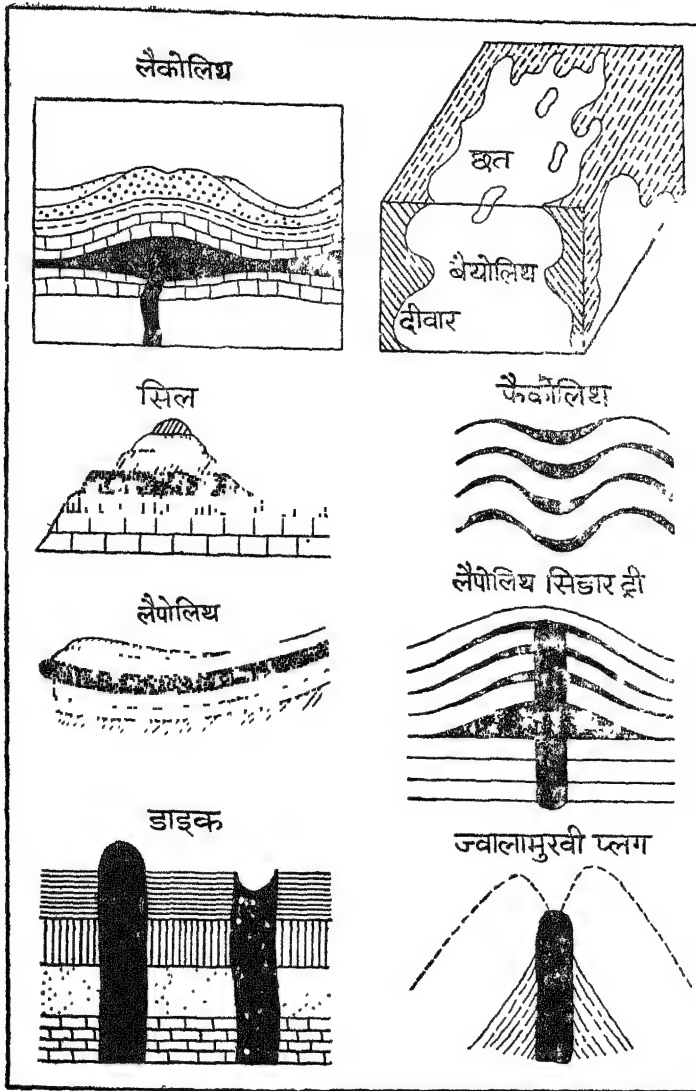
(7) **अर्द्ध-ज्वालामुखी उद्गार**—इस श्रेणी के अन्तर्गत वे उद्गार आते हैं जिनमें न तो राख या धूल ही निकलती है और न लावा का ही प्रवाह होता है। इसके विपरीत इनमें कभी-कभी केवल वाष्प का उद्गार होता है और धड़ाके होते हैं। जापान के शिरेन (1882), बन्दाईसान (1886), अजूमासान (1893) तथा जावा के गैलुलुंग ज्वालामुखियों के उद्गार इसी श्रेणी के हैं। लासेनपीक के विचित्र धड़ाके भी इसी श्रेणी में आते हैं।

ज्वालामुखी द्वारा निर्मित भू-आकार (Landforms formed by Volcanoes)

जैसा पहले बताया चुका है, ज्वालामुखी क्रियाओं के दो भेद हैं : (1) अन्तर्वर्ती क्रियाएँ, और (2) बहिर्वर्ती क्रियाएँ। इन दोनों में ही भिन्न प्रकार की क्रियाओं द्वारा भिन्न प्रकार के भू-रूप बनते हैं।

अन्तर्वर्ती भू-आकार (Intrusive Landforms)

जब अन्तर्वर्ती ज्वालामुखीय क्रियाओं के द्वारा भू-गर्भ की गहराई से लावा ऊपर उठकर भू-पटल की ओर अग्रसर होता है और मार्ग में ही विभिन्न गहराइयों पर शीतल होकर ठोस बन जाता है तो उसके फलस्वरूप धरातल के नीचे कई प्रकार के भू-आकार बन जाते हैं। इन भू-आकारों में **बैथोलिथ (Batholiths)**, **लैकोलिथ (Laccoliths)**, **पैकोलिथ (Pacoliths)**, **लोपोलिथ (Lopoliths)**, **डाइक्स (Dykes)**, **सिल (Sill)** तथा **स्कन्ध व वृत्त-स्कन्ध (Stocks and Bosses)** आदि विशेष उल्लेखनीय हैं। ये भू-आकार धरातल के नीचे भू-गर्भ में बनते हैं इसलिए इन्हें अन्तर्वर्ती भू-आकार कहा जाता है। इन समस्त भू-आकारों का वर्णन **आग्नेय चट्टानों** के अन्तर्गत किया जा चुका है। अतः यहाँ इनका विवरण नहीं दिया जा रहा है।



चित्र 381—ज्वालामुखी द्वारा निर्मित विभिन्न अन्तर्वर्ती स्थलाकृतियाँ
बहिर्वर्ती भू-आकार (Extrusive Landforms)

जब बहिर्वर्ती ज्वालामुखीय क्रियाओं के द्वारा भू-गर्भ के विभिन्न प्रकार के पदार्थ धरातल के ऊपर आकार निक्षेपित हो जाते हैं तो उससे अनेक प्रकार के भू-आकार बन जाते हैं। ये भू-आकार अन्तर्वर्ती भू-आकारों से अधिक महत्वपूर्ण होते हैं, क्योंकि इनका प्रभाव स्थानीय अवस्थाओं पर पड़ता है। इन भू-आकारों का वर्णन नीचे दिया जा रहा है :

उत्थित भू-आकार (Elevated Landforms)

ज्वालामुखी शंकु (Volcanic Cones)—ज्वालामुखी का उद्भेदन जब केन्द्रीय प्रकार (central eruption) का होता है तो उसमें से निकलने वाला पदार्थ मुख के चारों ओर जमा हो जाता है और शंकु का रूप ग्रहण कर लेता है। इस प्रकार बना शंकु ज्वालामुखी शंकु कहलाता है। इसकी रचना के सम्बन्ध में दो सिद्धान्त हैं :

(1) **क्रैटर प्रक्षिप्त सिद्धान्त (Crater Ejection Theory)**—इस सिद्धान्त के अनुसार शंकु की रचना ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाले पदार्थों के क्रैटर के आसपास जम जाने से होती है। प्रत्येक उद्गार के बाद पदार्थों का निक्षेप बढ़ता जाता है जिससे शंकु का रूप निखरता जाता है।

(2) **क्रैटर-उत्थापन सिद्धान्त (Crater Elevation Theory)**—इस सिद्धान्त के अनुसार शंकु की रचना भू-गर्भीय धक्कों के कारण क्रैटर के समीप की भूमि के ऊपर उठ जाने से होती है। प्रसिद्ध जर्मन विद्वान वान बुश एव वान हम्बोल्ट ने इन शंकुओं को शरीर पर उठे फोड़े की तरह माना है। किन्तु वैज्ञानिकों ने शंकु के पदार्थों का विश्लेषण कर इस सिद्धान्त को गलत सिद्ध कर दिया है।

शंकु और उसके प्रकार (Cones and their Kinds)

ज्वालामुखी शंकु एक छोटे टीले से लेकर ऊँचे पर्वतों के समान होते हैं। किन्तु इनकी रचना उद्गारित पदार्थों की प्रकृति, पदार्थों के विश्राम कोण, वायु की दिशा, उनकी एकत्रीभूत शक्ति, उद्भेदन की दशा और लावा की रासायनिक रचना आदि कई बातों पर आधारित होती है। ज्वालामुखी उद्गार में राख, धूल, बम, स्कोरिया, क्षामक, शैलखण्ड एव लावा कई प्रकार के पदार्थ निकलते हैं। अतः शंकु की रचना पर इन पदार्थों के स्वभाव और उनके योग का पर्याप्त प्रभाव पड़ता है। इसी प्रकार घरातल पर इन पदार्थों के विश्राम कोण का भी शंकु की आकृति पर प्रभाव होता है। उद्भेदन के समय निकलने वाली वाष्प और उससे होने वाली वर्षा भी शंकु रचना को प्रभावित किये बिना नहीं रहती।

शंकु के निर्माण में लावा का अधिक हाथ होता है। रासायनिक रूप में लावा दो प्रकार का होता है। आम्लिक लावा अधिक गाढ़ा और लसलसा होता है जबकि पैठिक लावा पतला होता है। आम्लिक लावा गाढ़ा होने से शीघ्र नहीं बहता परन्तु पैठिक लावा तीव्र गति से बहता है। फलस्वरूप शंकु की रचना पर लावा का विशेष प्रभाव पड़ता है।



चित्र 382—एक ज्वालामुखी शंकु और उसका क्रैटर

शंकु की रचना विस्फोटों की दशा पर भी निर्भर करती है। यदि विस्फोट शीघ्र और तीव्र होते हैं तो शंकु की आकृति बदल जाती है। प्रचण्ड विस्फोट से शंकु नष्ट हो जाते हैं अथवा खण्डित हो जाते हैं या उड़ जाते हैं।

घरातल पर चलने वाली स्थायी हवाओं का भी शंकु की आकृति पर प्रभाव पड़ता है। ज्वालामुखी उद्भेदन के समय निकलने वाला पदार्थ हवा की दिशा से प्रवाहित होकर प्रवाह दिशा में अधिक लम्बा हो जाता है जिससे शंकु का रूप परिवर्तित हो जाता है।

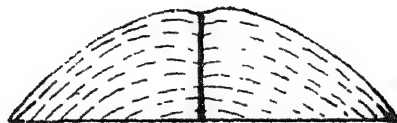
ज्वालामुखी शंकु अपने आकार-प्रकार एवं रचना के अनुसार निम्न प्रकार के होते हैं :

- (1) लावा शंकु (Lava cones),
- (2) सिण्डर अथवा राख शंकु (Cinder cones);

- (3) मिश्रित शंकु (Composite cones),
- (4) लावालव शंकु (Spatter cones),
- (5) शील्ड शंकु (Shield cones),
- (6) परजीवी या आश्रित शंकु (Parasite cones)।

(1) लावा शंकु (Lava Cones)—जब किसी शंकु की रचना भू-गर्भ से निकलने वाले केवल लावा के द्वारा होती है तो उसे लावा-शंकु कहते हैं। लावा से बने ये शंकु लावा की द्रवण-शीलता के अनुसार भिन्न होते हैं। इनके मुख्य दो भेद हैं :

(क) आम्लिक लावा शंकु (Acid Lava Cones)—रासायनिक रचना के अनुसार आम्लिक लावा में मलिका तत्त्व की प्रधानता होती है। अतः यह अत्यन्त चिपचिपा होता है। इसकी गति बहुत मन्द होती है। फलस्वरूप ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा मुख के आसपास ही जमा हो जाता है। लावा की परत के ऊपर परत चढ़ती जाती है। इस प्रकार आम्लिक लावा से अत्यन्त संकीर्ण और तीव्र ढाल वाले शंकु की रचना होती है। इटली में स्ट्राम्बोली ज्वालामुखी शंकु इसका अच्छा उदाहरण है।



चित्र 383—आम्लिक लावा शंकु

(ख) पैठिक लावा शंकु (Basic Lava Cones)—पैठिक लावा में बेसाल्ट की प्रचुरता और सिलिका की न्यूनता होती है। अतः यह लावा अधिक तरल और पतला होता है। तरलता के कारण वह शीघ्र बह जाता है। परिणामस्वरूप पैठिक लावा से बहुत ही मन्द ढाल वाले शंकुओं की रचना होती है। सामान्यतः ऐसे शंकुओं का ढाल 5° से 10° तक होता है। हवाई द्वीप में मोनालोआ



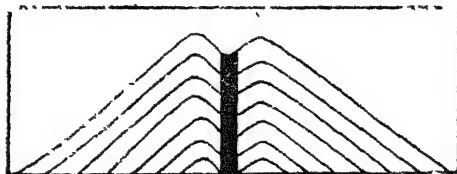
चित्र 384—पैठिक लावा शंकु

ज्वालामुखी का शंकु ऐसा ही है।

(2) सिण्डर अथवा राख शंकु (Cinder or Ash Cones)—इस प्रकार के शंकुओं की रचना प्रायः विस्फोटिक ज्वालामुखियों द्वारा होती है। ये शंकु ढीले और असंगठित पदार्थों से बनते हैं। इसमें राख तथा अंगार (cinder) की मात्रा अधिक होती है। ये अपनी रचना में पूर्ण शंकुवत् होते हैं। इनके किनारे अवतल ढाल वाले होते हैं। ढीला और असंगठित शैलचूर्ण बाह्य किनारों पर अपने विश्राम कोण के अनुसार जमा होता है। राख 30° और अंगार 45° पर विश्राम करते हैं। ज्वालामुखी विस्फोट की प्रचण्डता और उसकी अवधि के अनुसार ये शंकु छोटे अथवा बड़े होते हैं। यदि विस्फोटिक उद्गार थोड़े समय के लिए और हल्का होता है तो शंकु नीचा और चौड़ा बनता है। किन्तु यदि विस्फोट काफी समय तक और भीषण होता है तो शंकु पर्याप्त ऊँचे और संकीर्ण होते हैं।

इन शंकुओं की रचना में वायु की गति और दिशा का बड़ा प्रभाव होता है। यदि ज्वालामुखी विस्फोट के समय तीव्र हवा होती है तो राख एवं अंगार का निक्षेप प्रतिवाती ढाल की ओर अधिक होता है। इस प्रकार तीव्र वायु में विषम शंकु बनते हैं। यदि हवा शान्त होती है तो चारों ओर समान निक्षेप होता है जिसमें सम शंकुओं की रचना होती है।

राख शंकुओं का मुख काफी बड़ा होता है। आर्द्र प्रदेशों में इन शंकुओं के ऊपरी भाग से

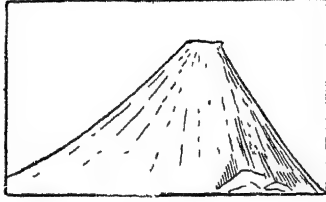


चित्र 385—राख चूर्ण शंकु

राख व अंगार शीघ्र बह जाती है। इस राख द्वारा शंकु के निचले भागों में प्रायः पंख बन जाते हैं। जब धरातल पर कठोर और मोटा पदार्थ—बम स्कोरिया आदि बच रहता है तो मूल शंकु का रूप काफी लम्बे समय तक बना रहता है।

ऐसे शंकु हवाई द्वीप में अधिक मिलते हैं। इटली में माउण्ट नोवो तथा एटना और मेक्सिको में जोखल्लो ज्वालामुखी शंकु भी ऐसे ही हैं। लेसेन ज्वालामुखी राष्ट्रीय पार्क का राख शंकु तो जगत-प्रसिद्ध है। ऐसे शंकु समुद्रों में भी बन जाते हैं। एजोर्स द्वीपसमूह के निकट सर्विना एव सिसली के निकट ग्राहम शंकु इसके उदाहरण हैं।

(3) मिश्रित शंकु (Composite Cones)—ये शंकु ज्वालामुखी के विस्फोटों एव



चित्र 386—मिश्रित शंकु

शान्त उद्गारों द्वारा बनते हैं। इनमें लावा और खण्डित पदार्थों की एकान्तर क्रम से तहे बनी होती हैं। लावा की ठोस परतें शंकु का दृढ़ आधार तैयार करती हैं जबकि क्रेटर से निकला खण्डित पदार्थ हवा में उछलकर शंकु के रूप को संवारता है। खण्डित पदार्थों में धूल से लेकर भीमकाय रोड़े तक होते हैं। इनका विश्राम कोण 35° तक पाया जाता है जो ऐसे पदार्थों के लिए विश्राम की अधिकतम सीमा है। ऊँचे कोण पर शैलखण्ड ढाल से लुढ़क जाते हैं। एक मिश्रित शंकु का खण्ड-चित्र मोटे तौर पर परतदार संरचना को प्रकट करता है। शंकु की परतदार रचना के कारण इन्हें परतदार शंकु (Strato cones) भी कहते हैं।

मिश्रित ज्वालामुखी शंकुओं की रूपरेखा बहुत ही सुन्दर तथा समान होती है। इनकी चोटियाँ तीव्र ढालयुक्त होती हैं जो नतोदर ढाल द्वारा लगभग चपटे आधारतल तक पहुँच जाती हैं। संसार के अधिकांश बड़े-बड़े ज्वालामुखी मिश्रित शंकु वाले ही हैं। जापान का फ्यूजीयामा पर्वत मिश्रित शंकु का सर्वोत्तम उदाहरण है। यह शंकु अपने चारों ओर के क्षेत्र से लगभग 9000 फुट ऊँचा है। फिलीपाइन द्वीपसमूह का मेयान, मेक्सिको का पोपोकेटीपीटल, संयुक्त राज्य अमरीका के हूड; रेनियर, शास्ता एवं इटली के विसूवियस और एटना मिश्रित शंकु के अच्छे उदाहरण हैं।

(4) लावालव शंकु (Spatter Cones)—केन्द्रीय अथवा दरारी उद्गार से लावा के निकलते समय उसमें गैस के रह जाने से बुलबुले बन जाते हैं। अनेक बुलबुले एकत्रित होकर फूट जाते हैं। इसके परिणामस्वरूप अनेक छोटे अव्यवस्थित शंकु बन जाते हैं जो लावालव शंकु (spatter or dribble cones) कहलाते हैं। ये शंकु कुछ ही फुट ऊँचे होते हैं।

(5) शील्ड शंकु (Shield Cones)—शील्ड शंकुओं की रचना बेसाल्टिक लावे के निक्षेप से होती है। मुख के चारों ओर लावे की समान्तर तहों के जम जाने से ही ऐसे शंकु बनते हैं। लावा के तीव्रगामी प्रवाह से शंकु का क्षेत्र काफी विस्तृत हो जाता है। यद्यपि ऐसे शंकुओं की ऊँचाई बहुत हो सकती है किन्तु लावा के विस्तृत क्षेत्र में फैल जाने से उस क्षेत्र की तुलना में शंकु कम ऊँचा रहता है। ये शंकु साधारण ढाल वाले पठारों की भाँति प्रतीत होते हैं। इसलिए इनको पठारी शंकु भी कहा जाता है। ऐसे शंकु हवाई द्वीप में बहुत मिलते हैं। मोनालोआ ज्वालामुखी शंकु शील्ड शंकु का सर्वोत्तम उदाहरण है। यह शंकु 13,675 फुट ऊँचा है। आधार के निकट इसका ढाल केवल 20° है, किन्तु ऊपर की ओर ऊँचाई पर यह 10° तक हो गया है। 10,000 फुट की ऊँचाई पर यह चपटे तथा कम ढाल वाले गुम्बद के रूप में बदल गया है।

(6) परजीवी या आश्रित शंकु (Parasitic Cones)—मिश्रित शंकु अपनी संरचना में बहुत अधिक कठोर नहीं होते। इसलिए मिश्रित शंकु की दीवारें बहुधा विस्फोट से फट जाती हैं

और उसके पार्श्व में अनेक दरारे बन जाती हैं। इन दरारों से निकलने वाले पदार्थ के निक्षेप से एक छोटा शंकु बन जाता है, जो आश्रित शंकु कहलाता है। प्रत्येक नये शंकु से जिसे वोका कहते हैं, लावा की धारा बह निकलती है। लावा की यह सँकरी धारा ढाल पर से होकर कुछ दूरी तक फैल जाती है।

गुम्बद या टीले (Domes or Mounds)—जब ज्वालामुखी विवर के चतुर्दिक आम्लिक लावे का गुम्बदाकार रूप में निक्षेप हो जाता है तो उसे गुम्बद कहा जाता है। विलियम्स ने इन गुम्बदों को तीन समूहों में विभाजित किया है : (1) डाटवत गुम्बद (Plug Domes)—ये गुम्बद ज्वालामुखीय क्रिया के शान्त हो जाने के बाद विवर में लावा के जमकर ठोस हो जाने और कालान्तर में उसके ऊपर उठ आने से बनते हैं। (2) अन्तर्जात गुम्बद (Endogeneous Domes)—ये मूलतः लावा के भीतर से प्रसार होने के फलस्वरूप बनते हैं। (3) बहिर्जात गुम्बद (Exogenous Domes)—ये प्रायः केन्द्रीय प्रकार के ज्वालामुखी के मुख के आसपास लावा निक्षेप के कारण बनते हैं। इन गुम्बदों को शील्ड शंकु भी कहते हैं।

ज्वालामुखी पर्वत—ज्वालामुखी उद्गार के समय जो लावा, आदि पदार्थ बाहर निकलता है वह मुख के चारों ओर शंकु के आकार में जमा होता रहता है। धीरे-धीरे यह ज्वालामुखी शंकु ऊँचा उठकर पर्वत का रूप धारण कर लेता है। सन् 1943 में मेक्सिको नगर से 200 मील दूर पेरिकुटिल ज्वालामुखी ने अपने प्रथम उद्गार में ही 100 फुट ऊँचे टीले की रचना कर डाली। एक सप्ताह के उद्गार के बाद इसकी ऊँचाई 500 फुट हो गयी। सात महीनों में यह ऊँचाई बढ़कर 1500 फुट हो गयी। इसी ज्वालामुखी से 50 मील की दूरी पर एक ज्वालामुखी सन् 1759 में पहली बार विस्फोटित हुआ और विस्फोट के पाँच महीनों की छोटी अवधि में ही इसने 10,000 फुट ऊँचे पर्वत की रचना कर डाली। जापान का फ्यूजीयामा पर्वत ज्वालामुखी पर्वत का सर्वोत्कृष्ट उदाहरण है।

लावा-निर्मित पठार—जब ज्वालामुखी उद्गार सँधों अथवा दरारों के द्वारा होता है तो उससे बड़ी मात्रा में लावा फूट-फूटकर बाहर आता है। लावे का यह शान्त दरारी उद्गार कभी-कभी वर्षों तक सतत रूप से होता रहता है। इस लावा प्रवाह से समीपवर्ती क्षेत्र में बाढ़-सी आ जाती है। फलस्वरूप समस्त प्रदेश लावा से ढक जाता है। सतत उद्गार से लावा के परत के परत जम जाते हैं जिससे विस्तृत ऊँचे प्रदेश बन जाते हैं जो बाद में पठार कहलाते हैं। लावा से बनने के कारण इन्हें लावा-निर्मित पठार कहा जाता है। संयुक्त राज्य अमरीका में कोलम्बिया का पठार लावा-निर्मित पठार का सर्वोत्तम उदाहरण है। इसका कुल क्षेत्रफल 1,00,000 वर्ग-मील से अधिक है। इस पठार के कुछ भागों में लावा की मोटाई 5000 फुट से अधिक है और कहीं 2000 फुट ही है। समस्त पठारी भाग की औसत ऊँचाई लगभग आधा मील है। ऐसा अनुमान है कि पठार के अधिकांश भाग से कम से कम 1000 फुट लावा अपरदन के फलस्वरूप हट गया है। इस पठारी क्षेत्र पर कम से कम लावा की 20 स्पष्ट परतें गिनी जा सकती हैं। प्रत्येक परत की मोटाई 10 से 20 फुट तक के बीच पायी जाती है।¹

इस प्रदेश में दरारी उद्गार आदि नूतन कल्प (Eocene Epoch) में प्रारम्भ हुआ जो आन्तरायिक रूप से अतिनूतन कल्प (Pliocene Epoch) तक होता रहा। इस लम्बी अवधि में कोई 50,000 से 60,000 क्यूबिक मील लावा भू-गर्भ से निकलकर धरातल पर आया और उससे जो पठार की रचना हुई वह समुद्र-तल से 4000 फुट से कम ऊँचा नहीं है।²

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 480

² *Ibid.*

जब से इस पठार की रचना हुई है यह अनेक स्थानों पर बलित एवं भ्रंशित हो गया है। इसके कई भाग ऊँचे उठ गये और कई क्षेत्र 1000 से 4000 फुट तक नीचे धँस गये। कई स्थानों पर स्टेक व कोलम्बिया नदियों ने गहरी घाटियाँ बना दी हैं। समस्त पठार असंख्य छोटी-बड़ी नदियों द्वारा कट-फट गया है।

दकन का पठार लावा द्वारा निर्मित पठार का दूसरा बड़ा उदाहरण है। यह कोलम्बिया पठार से अधिक विस्तृत है। इस प्रदेश का लावा अधिक गाढ़ा और अधिक गहरा है। इस प्रदेश में कम से कम 1,00,000 क्यूबिक मील लावा भूमि से निकलकर जमा गया और विशाल पठार को जन्म दिया। कोलम्बिया की भाँति यह पठार भी अब बहुत कट-फट गया है और कई स्थानों पर ऊँचा-नीचा हो गया है।

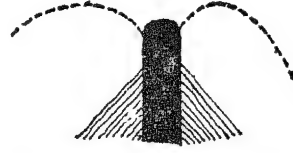
ज्वालामुखीय मैदान—ज्वालामुखी उद्भेदन से निकलने वाली राख तथा लावे के द्वारा मैदानों की रचना हो जाती है। ज्वालामुखी उद्गार से निकली राख निकटवर्ती प्रदेश में जमा हो जाती है जिससे ऊँची-नीची भूमि समतल हो जाती है। यह राख बहुत ही उपजाऊ होती है। इटली में विश्व-प्रसिद्ध विसुवियस ज्वालामुखी से निकली राख से नेपल्स नगर के निकट उपजाऊ मैदान बन गया था।

ज्वालामुखी लावा से भी उपजाऊ मैदानों की रचना होती है। किन्तु ये मैदान लावा के पठारों से बहुत कम भिन्न होते हैं। लावा के पठार और मैदान में भिन्नता केवल लावा की मोटाई की होती है। इनके ऊपरी तल की रूपरेखा में भी कोई विशेष अन्तर नहीं होता। पठारों पर घाटियाँ थोड़ी अधिक गहरी होती हैं। हमारे देश में 'काली मिट्टी का प्रदेश' तथा संयुक्त राज्य अमरीका में 'वाशिंगटन क्षेत्र' लावा-निर्मित मैदान के ही उदाहरण हैं।

लावा-निर्मित मेसाज तथा बूटे—कई प्रदेशों में दरारों से लावा निकलकर पुरानी चट्टानों पर फैल गया। बाद में नदियों ने लावा के नीचे बिछी चट्टानों में बड़ी गहराई तक घाटियों की रचना कर डाली। घाटियों के मध्य की भूमि अपेक्षितया कठोर लावा की परतों के कारण अपक्षयित होने से बच गयी। फलस्वरूप एक प्रदेश में कहीं-कहीं एकाकी मेसा अथवा बूटे भू-रूप बन गया। कहीं-कहीं एक ही प्रदेश में नदी-घाटियों द्वारा अलग किये गये अनेक मेसाज तथा बूटे बन गये। ऐसे मेसाज तथा बूटे संयुक्त राज्य अमरीका के न्यू मेक्सिको, कोलोरेडो एवं विमोंग राज्यों में देखे जा सकते हैं। यहाँ कुछ मेसाज तो इतने बड़े हैं कि उन्हें पठार की संज्ञा दी जा सकती है। पश्चिमी-मध्य कोलोरेडो का **ग्राण्ड मेसा** ऐसा ही है। दक्षिणी कोलोरेडो और न्यू मेक्सिको की सीमा पर स्थित **रेटन (Raton Mesa)** दूसरा सुन्दर उदाहरण है। इस पर लावा की मोटाई केवल 1000 फुट ही है, फिर भी इसका पश्चिमी पार्श्व समीपवर्ती घाटी तल से 6000 फुट ऊँचा है।

ज्वालामुखी द्वीप—जब ज्वालामुखी का उद्गार स्थल पर न होकर समुद्र के भीतर होता है तो ज्वालामुखी विवर से निकलने वाला लावा, राख एवं शैल-चूर्ण समुद्र की तली पर जमकर कठोर हो जाता है। ज्यों-ज्यों ज्वालामुखी पदार्थ का निक्षेप बढ़ता जाता है त्यों-त्यों समुद्रों की तली पर राख अथवा लावा का शंकु या गुम्बद ऊपर उठता जाता है। कालान्तर में राख अथवा लावा का यह शंकु समुद्र तल से ऊपर उठ जाता है और एक द्वीप का रूप ग्रहण कर लेता है। कभी-कभी समुद्र में बनी लावा की पहाड़ी या पठार भूमि के उन्मज्जन से ऊपर उठ आता है और द्वीप बन जाता है। प्रायः ज्वालामुखी उद्गारों से निर्मित द्वीप काफी बड़े और स्थायी होते हैं। कुछ तो समुद्र-तल से हजारों फुट ऊँचे होते हैं। कभी-कभी विस्फोटों के कारण द्वीप नष्ट भी हो जाते हैं। प्रशान्त महासागर में हवाई द्वीप, एल्यूसियन द्वीप एवं जापान द्वीप ज्वालामुखी द्वीप ही हैं।

डाट (Plugs)—जब मिश्रित प्रकार के ज्वालामुखी शान्त हो जाते हैं तो प्रायः उनका छिद्र (vents) ठोस लावा से भर जाता है। ज्यों-ज्यों शंकु का अपक्षय होता जाता है त्यो-त्यो प्रतिरोधी डाट बाहर प्रकट होता जाता है। कई स्थानों पर ज्वालामुखी शंकु तो पूर्णतः नष्ट हो जाता है और उसके स्थान पर डाट ही बच रहता है। जब लावा ज्वालामुखी छिद्र अथवा नली में भरा रहता है तो ऐसे डाट को कभी-कभी ज्वालामुखी ग्रीवा (volcanic necks) कहा जाता है। चित्र 387—प्लग अथवा डाट



श्रृंग एवं चोटियाँ (Craggs and Cliffs)—कई बार ज्वालामुखी के भीषण विस्फोटों से पर्वतीय शिखर एवं शंकु के पार्श्व टूटकर भ्रष्ट हो जाते हैं। पुराने क्रेटर नष्ट हो जाते हैं। लावा प्रवाह में भी बड़ी मात्रा में जैसे एकत्रित हो जाती है जो लावा के पिण्डों को उड़ा ले जाती है। फलस्वरूप अपरदन के पश्चात् इन लावा निक्षेपों में अनेक अनियमित आकृतियाँ, गुफाएँ और श्रृंग आदि बन जाते हैं।

निमज्जित भू-आकार (Depressed Form)

क्रेटर (Craters)—साधारणतः ज्वालामुखी शंकु के शिखर पर कीप की आकृति का एक गड्ढा होता है। इस कीपाकार गड्ढे का सबसे निचला भाग ज्वालामुखी के उस छिद्र से मिला रहता है जिसमें से होकर उद्गरित पदार्थ धरातल पर आते हैं। इस प्रकार संक्षेप में क्रेटर इस गर्त का नाम है जो ज्वालामुखी द्वार के ऊपर बना होता है। शंकु अथवा टीले के विकास के साथ-साथ क्रेटर भी शीर्ष भाग पर बढ़ता जाता है। सामान्यतः क्रेटर के भीतरी और बाहरी ढाल ढीले पदार्थों और शैलखण्डों से निर्मित होते हैं। हवाइयन प्रकार के क्रेटर इसके विपरीत ठोस पदार्थों से निर्मित होते हैं। केवल ऊपरी भाग में खण्डित शैल-पदार्थ का पतला आवरण होता है।

क्रेटर अपने आकार-प्रकार में बहुत ही भिन्न होते हैं। ये क्षुद्र गर्त से लेकर सैकड़ों मील व्यास के विशाल गर्त होते हैं। अलास्का के शान्त ज्वालामुखी एनीयकचाक (Aniakchak) का क्रेटर लगभग 6 मील व्यास का है। इसकी दीवारें 1200 से 3000 फुट तक ऊँची हैं। यदि संयुक्त राज्य अमरीका में ओरेगान राज्य की क्रेटर झील को वस्तुतः क्रेटर ही माना जाय तो यह और भी अधिक प्रभावशाली रूप है। इसकी दीवारें 4000 फुट ऊँची हैं किन्तु बहुत सम्भव यह केलडेरा है।¹

आन्तर क्रेटर (Nested Crater)—कई ज्वालामुखियों के क्रेटर के भीतर क्रेटर होता है। फिलीपाइन द्वीपसमूह के ताल ज्वालामुखी के तीन क्रेटर हैं। विसूवियस में भी किसी समय स्पष्ट रूप से तीन अलग-अलग क्रेटर थे। माउण्ट एटना में दो छोटे क्रेटर थे। आन्तर क्रेटर की अवस्था इस बात का द्योतक है कि प्रथम क्रेटर के निर्माण के उपरान्त ज्वालामुखी शक्तियाँ शिथिल हो रही हैं।

गौण क्रेटर (Adventive Crater)—कभी-कभी पुराने ज्वालामुखी शंकु के पार्श्व में छोटे क्रेटर पाये जाते हैं। ये पुरानी चट्टानों के भ्रंशित तथा खण्डित हो जाने से बनते हैं। भू-गर्भ का लावा तथा जैसे इन दरारों से धरातल पर बड़े भारी विस्फोट के साथ फूट पड़ते हैं और वहाँ गौण क्रेटर की रचना कर डालते हैं।

केलडेरा (Caldera)—‘केलडेरा’ एक स्पेनिश भाषा का शब्द है जिसका अर्थ कड़ाहा से होता है। अतः ज्वालामुखी शंकु के शीर्ष पर एक विस्तृत कड़ाहतुमा चौकोर गड्ढे को ही केलडेरा कहते हैं। ‘केलडेरा’ शब्द के प्रयोग के सम्बन्ध में कई वैज्ञानिकों में मतभेद है। कुछ लेखकों के अनुसार पूर्णरूप में दीवारों से आवद्ध एक विस्तृत ज्वालामुखी क्रेटर को ही केलडेरा कहा जाता है।

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 477

संयुक्त राज्य अमरीका के भू-गर्भिक सर्वेक्षण विभाग ने उस ज्वालामुखी क्रेटर को केलडेरा माना है जिसका निमज्जन द्वारा काफी वर्द्धन हो जाता है। डेली का सुझाव है कि निमज्जित गर्तों को ज्वालामुखी सिंक (volcanic sinks) कहना चाहिए और केलडेरा से आशय उस विशाल ज्वालामुखी क्रेटर से लिया जाना चाहिए जो विस्फोट के कारण बनता है यद्यपि यह कह सकना कठिन है कि केलडेरा निमज्जन से बना गर्त है अथवा विस्फोट से निर्मित गर्त है। यदि इसकी उत्पत्ति के प्रश्न को अलग रखकर देखे तो स्पष्ट ही यह विदित होगा कि केलडेरा के तल का व्यास ज्वालामुखी छिद्र से बहुत अधिक बड़ा होता है।

वास्तव में बड़े-बड़े और अधिक समय तक जाग्रत रहने वाले ज्वालामुखी पर्वतों के शिखर पर ही ज्वालामुखी के निमज्जन से केलडेरा बन जाता है। बहुधा इसका मुख उद्गार के इधर-उधर



चित्र 388—केलडेरा

ज्वालामुखी का केलडेरा 14 मील और 10 मील चौड़ा है। अलास्का में कटमाई इण्डोनेशिया के क्रेकाटोआ और न्यू मेक्सिको में वेलिस ज्वालामुखियों के केलडेरा अन्य प्रसिद्ध केलडेरा हैं।

ज्वालामुखीय झीलें—ज्वालामुखीय क्रिया के स्थल पर कई प्रकार की झीलें बन जाती हैं। जब कोई जाग्रत ज्वालामुखी शान्त हो जाता है तो उसका मुख (crater) लावा के जम जाने से बन्द हो जाता है। कालान्तर में क्रेटर जब वर्षा के जल से भर जाता है तो वह क्रेटर झील में बदल जाता है। संयुक्त राज्य अमेरिका में ओरेगोन राज्य की क्रेटर झील इसका सर्वोत्तम उदाहरण है। अफ्रीका की विक्टोरिया झील भी ऐसी ही है। फ्रांस, जर्मनी, इटली, न्यूजीलैण्ड, अलास्का, मेक्सिको, संयुक्त राज्य अमेरिका, पूर्वी द्वीपसमूह, फिलीपाइन व अफ्रीका में ऐसी अनेक झीलें पायी जाती हैं।

कभी-कभी ज्वालामुखी उद्गार से निकलने वाला लावा किसी नदी के मार्ग में पड़कर उसकी धारा को अवरुद्ध कर देता है जिससे नदी झील बन जाती है। अबीसीनिया की ताना झील और कैलिफोर्निया की टाहो झील इसी प्रकार बनी हुई हैं।

ज्वालामुखी के प्रकार

(Kinds of Volcanoes)

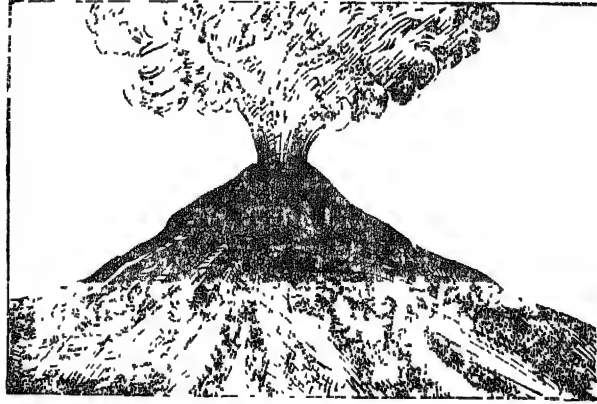
संसार में ज्वालामुखी के अनेक प्रकार देखे जाते हैं। ज्वालामुखी उद्गार में निःसृत पदार्थों की भिन्नता के कारण उनकी आकृतियों में भिन्नता पायी जाती है। उद्भेदन के स्वभाव का भी उनके रूप पर बुरा प्रभाव पड़ता है। लेक्रोइक्स नामक फ्रांसीसी विद्वान ने उद्भेदन के स्वभाव के आधार पर ही ज्वालामुखियों के भेद किये हैं। प्रसिद्ध अमरीकी विद्वान काटन ने ज्वालामुखियों के वर्गीकरण का आधार निःसृत पदार्थों की भिन्नता को माना है। कई विद्वानों ने ज्वालामुखी शंकुओं के आधार पर भी इनके भेद किये हैं किन्तु ज्वालामुखियों का उद्भेदन के आधार पर वर्गीकरण अधिक तर्कसंगत प्रतीत होता है। उद्भेदन के आधार पर ज्वालामुखियों के अग्रलिखित भेद किये जा सकते हैं :



चित्र 389—एक ज्वालामुखी केलडेरु का हवाई दृश्य

- (1) सक्रिय ज्वालामुखी (Active volcanoes),
- (2) प्रसुप्त ज्वालामुखी (Dormant volcanoes),
- (3) निर्वापित ज्वालामुखी (Extinct volcanoes),
- (4) विस्फोटिक ज्वालामुखी (Explosive volcanoes),
- (5) निःस्रावी ज्वालामुखी (Effusive volcanoes),
- (6) मिश्रित ज्वालामुखी (Mixed volcanoes)।

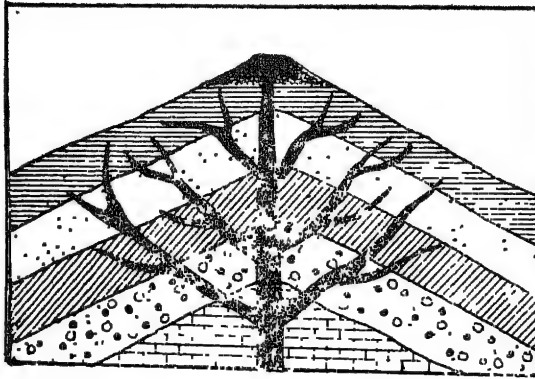
(1) सक्रिय ज्वालामुखी (Active Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जिनके मुख से सदैव धूल, धुँआ, वाष्प, गैसें, राख, शैलखण्ड अथवा लावा आदि पदार्थ बाहर निकलते रहते हैं उन्हें



चित्र 390—सक्रिय ज्वालामुखी

सक्रिय ज्वालामुखी कहा जाता है। इन ज्वालामुखियों में प्रायः उद्भेदन होता रहता है या उद्भेदन की किसी भी समय आशा की जा सकती है। इनका मुख सदैव खुला रहता है। मुख के पास वनस्पति का अभाव रहता है। विभिन्न ज्वालामुखियों के सक्रियता की अवधि भिन्न-भिन्न होती है। इटली का एटना पर्वत ढाई हजार वर्षों से सक्रिय है। इक्वेडोर का कोटेपेक्सी ज्वालामुखी (19,600 फुट) विश्व का सबसे ऊँचा सक्रिय ज्वालामुखी है। इस समय समस्त संसार में लगभग 500 सक्रिय ज्वालामुखी हैं।

(2) प्रसुप्त ज्वालामुखी (Dormant Volcanoes)—वे ज्वालामुखी जो दीर्घकाल तक



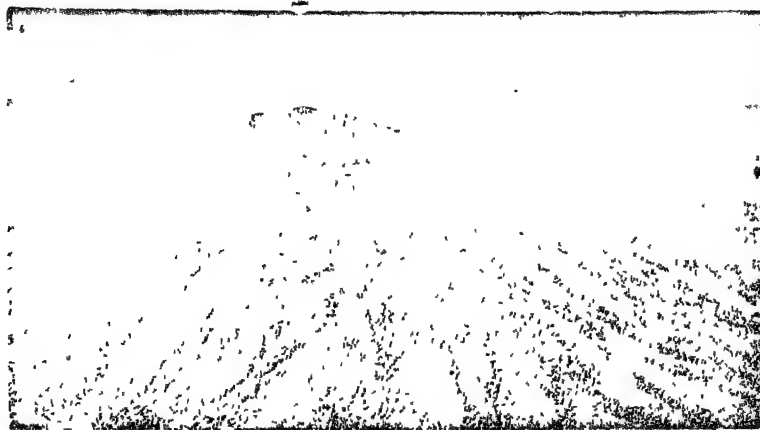
चित्र 391—प्रसुप्त ज्वालामुखी

धन-जन की अपार हानि होती है। सन् 79 ई० में विसूवियस ज्वालामुखी के विस्फोट से पाइप और

शान्त रहने के उपरान्त जब अकस्मात् किसी समय सक्रिय हो जाते हैं तो उन्हें प्रसुप्त ज्वालामुखी कहा जाता है। ऐसे ज्वालामुखी के उद्भेदनों के मध्य प्रायः लम्बा अन्तर रहता है। कभी-कभी यह अन्तर सैकड़ों वर्षों का होता है। लम्बे समय तक उद्गार नहीं होने से लोगों को प्रायः इनके शान्त रहने का भ्रम हो जाता है, जिससे लोग निःसंकोच इनके समीप जाकर बस जाते हैं। किन्तु जब कभी इनमें अनायास विस्फोट होता है तो

हरकुलेनियम नगर पूर्णतः नष्ट हो गये थे। विसूवियस पिछले 700 वर्षों से शान्त था। वर्तमान समय में चिली का अकाकागुआ और इक्वेडोर का चिम्बरोजो प्रसुप्त ज्वालामुखी के उदाहरण हैं।

(3) **निर्वापित ज्वालामुखी (Extinct Volcanoes)**—वे ज्वालामुखी जिनसे अब कोई उद्गार नहीं होता और न उद्गार होने की कोई आशा ही रहती है उन्हें निर्वापित ज्वालामुखी



चित्र 392—निर्वापित ज्वालामुखी

कहते हैं। इनके छिद्र ज्वालामुखी पदार्थों के भर जाने एवं लावा के जम जाने से बन्द हो जाते हैं। ज्वालामुखी का मुख बन्द हो जाने से कालान्तर में वह क्षील में बदल जाता है। ऐसे ज्वालामुखी के शिखर पर पेड़-पौधे उग आते हैं। इस प्रकार के ज्वालामुखी विश्व में कम पाये जाते हैं। बर्मा का पोपा ज्वालामुखी निर्वापित ज्वालामुखी है।

(4) **विस्फोटीय ज्वालामुखी (Explosive Volcanoes)**—वे ज्वालामुखी जिनमें उद्भेदन भीषण विस्फोट के साथ होता है, विस्फोटीय ज्वालामुखी कहलाते हैं। इनमें गैसें, वाष्प एवं अन्य पदार्थ धड़ाके के साथ बाहर निकलता है। माउण्ट पीली, क्रेकाटोआ और माउण्ट ताल विस्फोटीय ज्वालामुखी के उदाहरण हैं।

(5) **निःस्रावी ज्वालामुखी (Effusive Volcanoes)**—वे ज्वालामुखी जिनमें लावा तथा गैसों का उद्गार बिना किसी विस्फोट के होता है, निःस्रावी ज्वालामुखी कहलाते हैं। इनमें लावा का निःस्रण बिना किसी ध्वनि के होता है। हवाई द्वीप के कई ज्वालामुखी इस वर्ग में आते हैं।

(6) **मिश्रित ज्वालामुखी (Mixed Volcanoes)**—वे ज्वालामुखी जिनमें उद्गार कभी विस्फोट के साथ और कभी शान्त रूप से होता है, मिश्रित ज्वालामुखी होते हैं। विसूवियस, एटना व केनिया आदि ज्वालामुखी इसी वर्ग में आते हैं।

उष्णोत्स अथवा गेसर (Geysers)

गेसर ज्वालामुखी क्रिया का एक गौण रूप है। उद्गार के समय जिस प्रकार ज्वालामुखी से गर्म लावा निकलता है उसी प्रकार गेसर से समय-समय पर गर्म जल तथा वाष्प निकला करती है। वस्तुतः 'गेसर' शब्द आइसलैण्ड की भाषा के 'गिसिर' (geysir) से बना है जिसका अर्थ 'तेजी से उछलता हुआ' (gusher) अथवा 'फुहार छोड़ने वाला' (spouter) होता है। इससे स्पष्ट है कि 'गेसर' गरम पानी के उन स्रोतों को कहते हैं जिनसे समय-समय पर उष्ण जल और वाष्प फुहारों के रूप में बड़ी तीव्रता से ऊपर उठती है। कभी-कभी इनकी ऊँचाई 250 से 300 फुट तक होती है। आर्थर होम्स ने इसकी व्याख्या करते हुए कहा है कि "Geysers are hot springs from

which a column of hot water and steam is explosively discharged at intervals, spouting in some cases to heights of hundreds of feet.”¹

वारसेस्टर के अनुसार, “गेसर गरम जल के सविराम स्रोत हैं जो अपने मुख से समय-समय पर गर्म जल तथा वाष्प की फुहारें छोड़ते रहते हैं।”²

ज्वालामुखी की भाँति गेसर में भी एक छिद्र होता है जिसका सम्बन्ध प्रायः एक सँकरी व टेढ़ी-मेढ़ी नली (geyser tube) द्वारा भू-गर्भ में स्थित जल भण्डार से होता है। गेसर के मुख को घेरे हुए एक छोटा या बड़ा टीला होता है, जो गेसर के जल में घुले खनिज-पदार्थों के जमा हो जाने से बन जाता है और ज्वालामुखी के शंकु का प्रतिरूप मालूम पड़ता है। इस टीले के मध्य में एक गोल बेसिन होती है। इस बेसिन तथा गेसर-नली में खौलता हुआ जल भरा रहता है जिसका तापमान 75° से 90° सेण्टीग्रेड के बीच होता है। गेसर में गर्म जल तथा वाष्प इसी नली द्वारा फुहार के रूप में बाहर निकलती है। चूँकि गेसर (geyser) तथा गर्म जल स्रोत (hot springs) एक समान प्रतीत होते हैं इसलिए कुछ विद्वानों ने गर्म जल-स्रोत को गेसर का ही एक प्रकार बताया है। किन्तु दोनों में पर्याप्त अन्तर है। गर्म जल स्रोत से वाष्प तथा उष्ण जल अविराम रूप से (constant) निकलता रहता है जबकि गेसर में इसके विपरीत वाष्प तथा गर्म जल सविराम रूप से (with intervals) रुक-रुक कर ऊपर उठता है। इसके अतिरिक्त गर्म जल स्रोत में वाष्प तथा जल कुछ ऊँचाई तक ही उछलता है, गेसर में यह बहुत अधिक ऊँचाई (100 से 300 फुट) तक ऊपर उठ जाता है। संसार में जितने भी गेसर पाये जाते हैं वे सब सक्रिय ज्वालामुखी क्षेत्रों में ही पाये जाते हैं जबकि उष्ण जल स्रोत अन्यत्र भी देखे जाते हैं। इन सब कारणों से गर्म जल स्रोतों को गेसर की श्रेणी में नहीं रखा जा सकता।

गेसर न केवल अपने आकार-प्रकार में ही भिन्न होते हैं अपितु उनकी क्रियाओं में भी पर्याप्त भिन्नता देखी जाती है। कुछ गेसर ऐसे देखे जाते हैं जिनसे अत्यधिक मात्रा में गर्म जल तथा वाष्प निकलती है और कुछ गेसर बहुत कम मात्रा में वाष्प तथा जल निकालते हैं। इसी प्रकार कुछ गेसरों में उद्गार एक निश्चित अवधि के पश्चात् नियमित रूप से होता है जबकि कई गेसरों के उद्गार तथा विराम काल के समय में कोई नियमितता नहीं देखी जाती। कुछ गेसरों से गरम जल तथा वाष्प बहुत अधिक ऊँचाई (100 से 300 फुट) तक फुहारों के रूप में उछलती है जबकि कुछ गेसरों में ऐसा उद्गार कुछ इंच से लेकर कुछ फीट तक ही सीमित देखा जाता है। इस प्रकार गेसर का कोई एक निश्चित रूप नहीं होता। प्रत्येक गेसर की अपनी अलग विशिष्टता होती है। गेसर का प्राकृतिक दृश्य बड़ा ही मनोहारी होता है इसलिए ये पर्यटकों के आकर्षण केन्द्र होते हैं।

बहुधा गेसर का उद्गार निश्चित अवधि के पश्चात् नियमित रूप से होता है और उद्गार काल भी बहुधा निश्चित-सा ही रहता है। गरम स्रोतों और गेसरों में वही सम्बन्ध समझना चाहिए जो शान्त ज्वालामुखियों (जिनसे लावा का प्रवाह सदैव शनैः-शनैः होता रहता है) और उन ज्वालामुखियों में है जिनसे समय-समय पर विस्फोटक उद्गार होता है। आइसलैण्ड का ‘ग्रेट-गेसर’ संसार का सबसे प्रसिद्ध गेसर है। इसका शंकु 120 फुट व्यास के वृत्त में है और ऊँचाई में वह 13 फुट है। शंकु की चोटी पर जो मुख-गर्त है उसका व्यास लगभग 60 फुट और गहराई 5 फुट है। गेसर की नली भी 10 फुट व्यास की है। नली और मुख-गर्त में भरे खौलते जल का तापमान लगभग 75° से 90° फा० तक रहता है। परन्तु 70 फुट की गहराई पर जल का तापमान

¹ A. Holmes : *Principles of Physical Geology*, p. 138

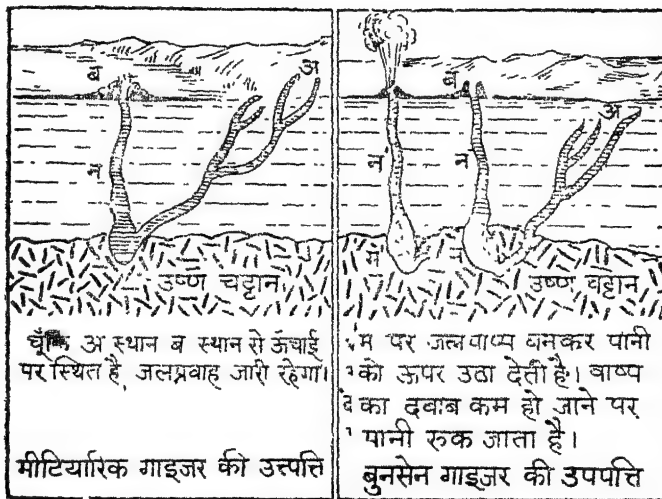
² “Geysers are intermittent hot springs that from time to time spout steam and hot water from their craters.”—Worcester, P. G. : *A Text Book of Geomorphology*, p. 452

130° फा० से भी अधिक हो जाता है। लगभग प्रति 24 घण्टे के उपरान्त गड्ढे का जल उफनने लगता है और उफनकर 100 फुट ऊँचे जल-स्तम्भ के रूप में वायु में उठ जाता है तथा फुब्बारे के समान चारों ओर बरसने लगता है।

संयुक्त राज्य अमरीका के यलोस्टोन पार्क में कई एक गेसर हैं, जैसे—जाइण्ट (Giant), जाइण्टेस (Giantess), केसल (Castle), ओल्ड फेथफुल (Old faithful), बी हाइव (Bee hive), मिनिट्स मैन (Minit's man) एवं लोन स्टार (Lone star) आदि। इनमें ओल्डफेथफुल गेसर एक प्रमुख गेसर है। इसमें प्रति 65 मिनट के पश्चात् उद्गार होता है और प्रत्येक उद्गार 4 मिनट तक चालू रहता है। रात-दिन, प्रत्येक ऋतु में इस गेसर का यह क्रम नियमपूर्वक युगों से चला आ रहा है। इसलिए लोगों ने इसका नाम 'Eternity's Timepiece' (अनन्त की घड़ी) रख दिया है। इसका टीला 145 फुट लम्बा तथा 215 फुट चौड़ा है और चोटी 20 × 54 फुट आकार की है। चोटी की ऊँचाई 12 फुट है। नली की चौड़ाई 2½ फुट है। मुख के पास 8 फुट ऊँची भीत बनी है जो 6 इंच से लेकर 3 फुट व्यास के गोल पत्थरों में बनी हुई है।

यलोस्टोन पार्क में स्थित गेसरों में दानव गेसर (Giant Geyser) दूसरा प्रमुख गेसर है। इसका उद्गार अनिश्चित रूप से और यदाकदा ही होता है। इसके मुख की चौड़ाई 18 फुट है। उद्गार के समय इसमें विचित्र गड़गड़ाहट सुनाई देती है और मुख में खीलता जल उफनने लगता है। थोड़ी देर में विचित्र शब्द करता हुआ तप्त जल उछलने लगता है और चारों ओर भाप के बादल छा जाते हैं। मोटी जलधारा का फुहारा 50-60 फुट की ऊँचाई तक उठ जाता है और तब इस फुहारे की धारा के सिरे से 5-6 छोटी-छोटी और धाराएँ (6 इंच से 15 इंच व्यास की मोटाई वाली) निकलकर 200-250 फुट ऊँची चली जाती हैं। उद्गार का समय लगभग 20-25 मिनट तक रहता है। फिर जल नीचे बैठने लगता है और गड़गड़ाहट की ध्वनि भी बन्द हो जाती है।

गेसर का रुक-रुककर उद्गार करना बड़ा मनोरंजक है। बुन्सेन नामक प्रसिद्ध वैज्ञानिक ने गेसर के उद्गार का कारण जानने के लिए आइसलैण्ड के महान गेसर के उद्गार और उसकी



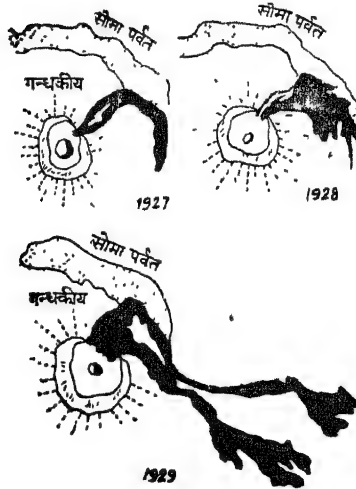
चित्र 393—बुन्सेन के अनुसार गेसर की उत्पत्ति

रचना का अध्ययन करके यह निश्चित किया है कि गेसर का रुक-रुककर उद्गार होना जल के

वाष्पीकरण के ताप और दबाव के पारस्परिक सम्बन्ध के कारण है। साधारणतः वायुमण्डल के दबाव में समुद्र-तल पर जल 212° फा० पर भाप में परिणत होने लगता है। यदि दबाव बढ़ा दिया जाय तो तापान्श भी बढ़ जाता है। गेसर की नली में भरे हुए जल के नीचे के भाग में ज्यो-ज्यो हम अधिक नीचे की ओर चलते जायेंगे त्यों-त्यों जल के वाष्पीकरण का तापान्श अधिक होता जायगा, क्योंकि अधिक नीचे के जल को ऊपर के जल के दबाव के कारण अधिक तापमान पर भाप बनने का अवसर मिलता है। इस प्रकार ज्यों-ज्यों हम गेसर की नली में नीचे उतरते जायेंगे, त्यों-त्यों जल का तापमान अधिक होता जायगा। अधिक तापमान के कारण नीचे का जल ऊपर की ओर उठता है और यदि गेसर की नली चौड़ी और सीधी होती है तो संवाहन की क्रिया से समस्त नली का जल लगभग एक ही तापान्श पर पहुँच जाता है और मुख पर जल का फुहरा उठने के स्थान पर खोलता हुआ पानी का कुण्ड बन जाता है जिससे जल चारों ओर उफन-उफनकर बहता रहता है। परन्तु यदि नली सँकरी और टेढ़ी-मेढ़ी होती है तो संवाहन की क्रिया में रुकावट पड़ जाती है और नली के किसी भी भाग में क्षण भर में तापान्श वाष्पीकरण के तापान्श के लगभग निकट पहुँच जाता है और इससे जो भाप बनती है वह ऊपर के जल-स्तम्भ को ऊपर धकेल देती है। ऊपर उठने से जल गेसर के मुख से बाहर उछलकर बहने लगता है, जिससे नीचे के उस स्थान पर दबाव में कमी पड़ती है। दबाव में कमी होते ही उस स्थान पर जल एकदम भाप में परिणत हो जाता है तथा इस भाप के दबाव से ऊपर का जल और भाप फुहारे के रूप में ऊँचे उछलने लगते हैं। जब जल का उद्गार समाप्त हो जाता है तब आभ्यन्तरिक जल से गेसर की नली फिर भर जाती है और फिर कुछ कालपर्यन्त वही दिशा उत्पन्न हो जाती है जो जल को ऊपर उछाल देती है। संसार में गेसरों के वितरण का कोई निश्चित क्रम नहीं है। ये ध्रुववर्ती क्षेत्रों से लेकर विषुवत रेखीय भागों तक फैले हुए देखे जाते हैं। अफ्रीका एवं दक्षिणी अमरीका को छोड़कर अन्य सभी महाद्वीपों में गेसर पाये जाते हैं जैसे उत्तरी अमरीका में 'यलोस्टोन नेशनल पार्क', एशिया में तिब्बत, यूरोप में आइसलैण्ड तथा न्यूजीलैण्ड में ये अधिकता से पाये जाते हैं।

धूम्रछिद्र (Fumaroles)

जिन प्रदेशों में गेसर पाये जाते हैं उनमें तथा ज्वालामुखी पर्वतों के अन्य क्षेत्रों में धरातल से चट्टानों की दरारों और छिद्रों से भाप और धुएँ के घने बादल उठते पाये जाते हैं। ज्वालामुखी पर्वतों के सुषुप्त हो जाने पर भी उनके मुख-गतों से तथा उनके शंकुओं के पाश्वर्कों की दरारों से भाप और गैसों का धुआँ बराबर इस प्रकार निकलता मालूम होता है जैसे ईंटों के भट्टों की चिमनियों से निकला करता है। इसी प्रकार लावा के मोटे स्तरों की दरारों से भी धुएँ के बादल उठते देखे जाते हैं। जाग्रत ज्वालामुखी के क्षेत्रों अथवा सुषुप्त ज्वालामुखी प्रदेशों में इस प्रकार भाप और धुआँ उगलने वाली चिमनियों का पाया जाना आश्चर्यजनक नहीं है। परन्तु इस प्रकार के धूम्रछिद्र ऐसे क्षेत्रों में भी पाये जाते हैं जहाँ ज्वालामुखी के उद्गार के कोई भी चिह्न देखने में नहीं आते। इन धुआँरों से भाप के बादल कभी तो वेग से और कभी धीरे-धीरे निकलते रहते हैं। इनको धूम्रछिद्र (fumaroles) के नाम से पुकारा जाता है। अलास्का में 'दस सहस्र धूम्रछिद्रों की घाटी' (valley of ten thousand smokes) संसार में धुआँरों का सबसे बड़ा क्षेत्र



चित्र 394—गन्धकीय धुआँरा

है। इटली, न्यूजीलैण्ड व कैलिफोर्निया में भी ऐसे धूम्रच्छिद्र अधिक पाये जाते हैं। इटली व कैलिफोर्निया में धुआँरो की गरम भाप से विद्युत तैयार की जाती है। इनमें धुआँरो से निकलने वाले धुएँ का 80 प्रतिशत अंश बहुधा भाप होती है। शेष 20 प्रतिशत में कार्बन डाइऑक्साइड, हाइड्रोक्लोरिक एसिड, हाइड्रोजन सल्फाइड और मीथेन आदि गैसों का मिश्रण रहता है। कुछ धुआँरो से विशेष रूप से गन्धक का ही धुआँ निकलता है। ये धुआँरे 'गन्धकीय धुआँरे' (Solfatara) कहलाते हैं। इटली में नेपल्स के समीप सोलफटारा नामक एक गन्धकीय धुआँरा है। उसी के नाम से ऐसे समस्त धुआँरे सोलफटारा कहलाते हैं।

पंक ज्वालामुखी (Mud Volcanoes)

खीलते हुए पानी के स्रोतों के प्रदेशों में सूक्ष्म आकार के कुछ ऐसे शंकु भी देखने में आते हैं, जिनके मुख-गर्त से यदाकदा भाप और पानी के उद्गार के स्थान पर कीचड़ का उद्गार होता है, साथ ही थोड़ी भाप और कुछ जल भी निकलता रहता है। इन शंकुओं का निर्माण इसी कीचड़ और मिट्टी द्वारा होता है। विभिन्न खनिजों और रासायनिक पदार्थों के मिश्रण से इन शंकुओं से निकलने वाला पक लाल, पीला, काला तथा सफेद होता है और इस कारण लोग इन छिद्रों को जिनसे पक का उद्गार होता है, 'रंग का गढा' या 'पक का गढा' कहते हैं।

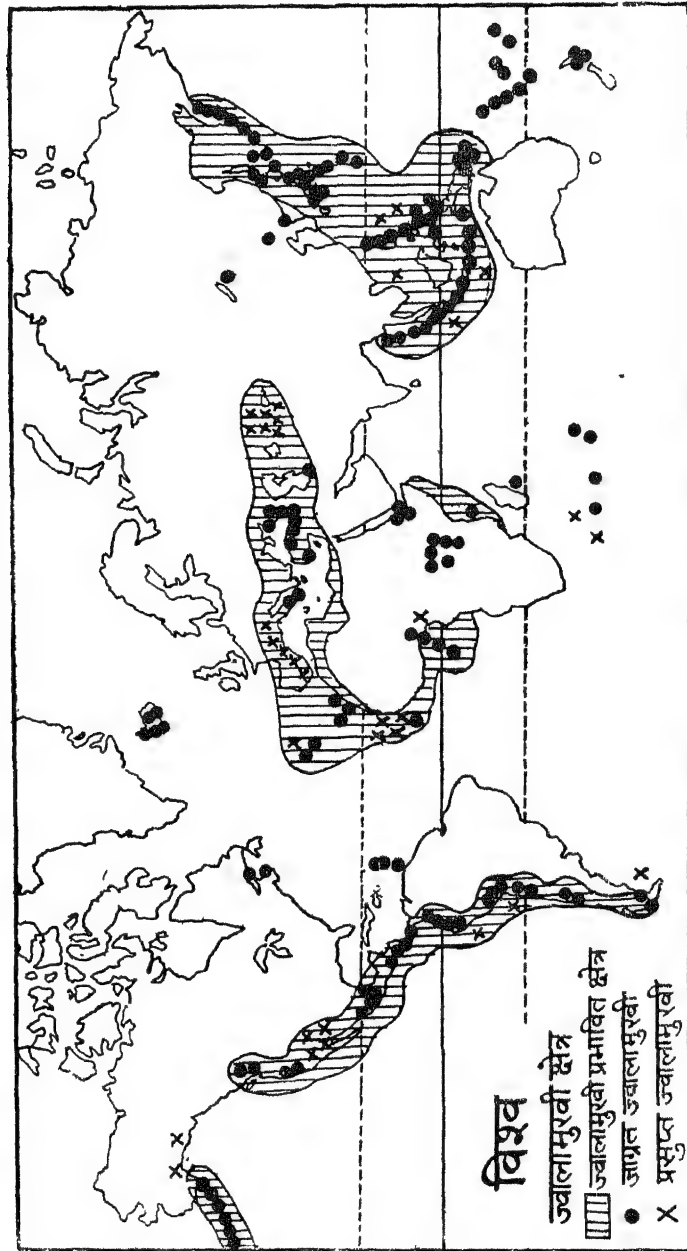
इन गढों की उत्पत्ति वास्तव में खीलते पानी के स्रोतों में अपर्याप्त जल के होने से होती है। जब तक सोते में जल पर्याप्त रहता है, उससे खीलता पानी उफन-उफनकर बहता रहता है। जब सोते में अध्यान्तरिक जल का आना कम हो जाता है तब पानी उफनना बन्द हो जाता है, परन्तु वाष्पीकरण के कारण गढे के जल में कमी होती रहती है। धीरे-धीरे जल की कमी से पानी में गैदलापन बढ़ने लगता है, क्योंकि उसमें पाषाणों की चूरचूर की मात्रा अधिक हो जाती है। थोड़े ही काल पश्चात् यह गैदलापन कीचड़ का रूप धारण कर लेता है और कीचड़ दिन-प्रतिदिन अधिक गाढ़ा हो जाता है। अधिक गाढ़ा और सूखा हो जाने से कीचड़ की पपड़ी कड़ी हो जाती है और उसका खीलना बन्द हो जाता है। कड़ी पपड़ी के नीचे जब कभी भाप का वेग बढ़ जाता है तब इसे उछालकर ऊपर फेंक देती है। इस उद्गार के समय भाप, कीचड़ और कभी-कभी पाषाण-खण्ड भी निकलते हैं। भाप का वेग कम होते ही पंक फिर जमने लगता है और फिर भाप का वेग बढ़ने से पंक का उद्गार होता है। इस उद्गार में भी भाप के कारण धडाके होते हैं। इस प्रकार के सोते "पंक ज्वालामुखी" कहलाते हैं। बर्मा के अराकान तट पर और इरावदी नदी की घाटी में एवं बलोचिस्तान के मकरान तट पर इस प्रकार के पंक ज्वालामुखी देखने में आते हैं। इनसे कभी-कभी ज्वाला भी निकलती दिखाई पड़ती है। बर्मा के पंक ज्वालामुखियों का सम्बन्ध पेट्रोलियम के कुओं की गैसों से बताया जाता है, जो समय-समय पर वेग बढ़ जाने से धरातल की ओर ऊपर निकलने की चेष्टा करती हैं। इन्हीं गैसों के प्रज्वलन से ज्वालाएँ उत्पन्न होती हैं, क्योंकि ये गैसें अत्यधिक प्रज्वलनशील होती हैं। पंक ज्वालामुखी के शंकु कहीं-कहीं 300 फुट की ऊँचाई तक पहुँचते देखे गये हैं।

ज्वालामुखियों की संख्या एवं वितरण (Number and Distribution of Volcanoes)

ज्वालामुखियों की संख्या—वर्तमान समय में विश्व के अन्दर सक्रिय ज्वालामुखियों की संख्या लगभग 500 है।¹ इनमें कई ज्वालामुखी लम्बे समय से प्रसुप्त हैं, किन्तु उन्हें विलुप्त समझ

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 467

लेना भूल होगी। महासागरो के भीतर भी कई सक्रिय ज्वालामुखी होने का अनुमान है, किन्तु उनकी निश्चित संख्या ज्ञात करना कठिन है। सौर के अनुसार, पृथ्वी पर सक्रिय ज्वालामुखियों की संख्या केवल 430 है। इनमें से 275 उत्तरी गोलार्द्ध और 155 दक्षिणी गोलार्द्ध में स्थित



चित्र 395—संसार के ज्वालामुखियों का वितरण

बताये हैं। यदि प्रसृत एवं विलुप्त ज्वालामुखियों की संख्या भी सक्रिय ज्वालामुखियों के साथ जोड़ दें तो संसार में अभी कुल ज्वालामुखियों की संख्या कई हजार होगी।

ज्वालामुखियों का भौगोलिक वितरण—चित्र 395 ससार में सक्रिय एवं प्रसुप्त ज्वालामुखियों के वितरण को प्रकट करता है। यदि हम इस मानचित्र को ध्यानपूर्वक देखे तो ज्ञात होगा कि इनका वितरण किसी विशेष क्रम के अनुसार है। अधिकांशतः ये समुद्रों के निकट या द्वीपों पर अथवा महाद्वीपों के किनारों पर स्थित हैं। इनकी यह स्थिति इस बात का द्योतक है कि इनका पृथ्वी के निर्बल क्षेत्रों से घनिष्ठ सम्बन्ध है।

ससार में ज्वालामुखियों की पेटियाँ सामान्यतः भूकम्प क्षेत्रों के साथ-साथ ही पायी जाती हैं। यह तथ्य दोनों ही समस्याओं के निकटवर्ती सम्बन्ध को प्रकट करता है।

जहाँ कहीं ज्वालामुखी महाद्वीपों के भीतर स्थित हैं, वहाँ वे या तो नवीन वलित पर्वतों के पार्श्व में या भू-पटल पर पड़ी दरारों के निकट अथवा ज्वालामुखियों के पास पाये जाते हैं। अफ्रीका की विशाल भ्रश घाटी के समीप ज्वालामुखियों की स्थिति इसका प्रमाण है।

यह बात स्मरणीय है कि ससार में ज्वालामुखी प्रायः सभी प्रदेशों में पाये जाते हैं। ये उत्तर में आइसलैण्ड से लेकर सुदूर दक्षिण में अण्टार्कटिका महाद्वीप तक फैले हुए देखे जाते हैं। किन्तु अधिकतर ये निश्चित मेखलाओं (belts) में स्थित हैं। कई ज्वालामुखी अपवादस्वरूप भी हैं जो अपनी स्वतन्त्र और एकाकी स्थिति रखते हैं।

ससार में ज्वालामुखियों की पक्तियाँ लम्बी नियमबद्ध पेटियों में फैली हुई हैं। इस प्रकार की पेटियाँ निम्न हैं :

(1) **परि-प्रशान्त महासागर की तटीय पेटि (Circum Pacific Belt)**—प्रशान्त महासागर में स्थित द्वीपों और उसके चारों ओर तटीय भागों में ज्वालामुखियों का अधिक विस्तार है। पूर्वी द्वीपसमूह इस पेटि का प्रधान केन्द्र है। अकेले जावा द्वीप में ही 43 ज्वालामुखी हैं। यहाँ से यह शृंखला 'छोटे-छोटे द्वीपों में होकर फिलीपाइन द्वीपसमूह को पहुँचती है और फिर उत्तर की ओर फारमोसा एवं लूचू द्वीपों में होती हुई जापान को जाती है। जापान से आगे यह क्यूराइल द्वीपसमूह, कामचटका प्रायद्वीप और एल्यूसियन द्वीपों में होकर अलास्का में प्रकट होती है। यहाँ अनेक ज्वालामुखी जाग्रत अवस्था में हैं। अलास्का के पश्चिमी तट से यह शृंखला कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी तट से होकर मध्य अमरीका में पहुँचती है। यद्यपि आजकल कनाडा और संयुक्त राज्य अमरीका में एक भी सक्रिय ज्वालामुखी नहीं है, किन्तु मेक्सिको और मध्य अमरीका में यह पंक्ति पुनः उग्र रूप धारण कर लेती है। यहाँ से आगे यह पंक्ति दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट के सहारे एण्डीज पर्वत के साथ सुदूर दक्षिणी छोर टेराडेल्फ्यूगो तक चली गयी है। यही शृंखला अण्टार्कटिका महाद्वीप के निकट ग्राहम द्वीप से जहाँ इरेबुस (Erebus) और टेरर (Terror) दो ज्वालामुखी हैं, निकलकर न्यूजीलैण्ड के द्वीपों में होती हुई न्यूहेब्रेडोज, सोलोमन द्वीप तथा न्यूगिनी के तट से होकर फिलीपाइन द्वीपसमूह के दक्षिणी टापुओं को पहुँच जाती है। इस समस्त प्रशान्त महासागर के इर्द-गिर्द ज्वालामुखियों की शृंखला पायी जाती है। इसी कारण इस पेटि को 'प्रशान्त महासागर का अग्नि वृत्त' (Fiery Ring of the Pacific) भी कहा जाता है।

प्रशान्त महासागर की उस तटीय पेटि में सक्रिय, प्रसुप्त और विलुप्त सभी प्रकार के ज्वालामुखी स्थित हैं। ससार में इन सभी प्रकार के ज्वालामुखियों की कुल संख्या का 88 प्रतिशत इस पेटि में है। होम्स के अनुसार विश्व के 2/3 सक्रिय एवं प्रसुप्त ज्वालामुखी इसी पेटि में स्थित हैं। होम्स ने इनका वितरण अग्रलिखित प्रकार बताया है :¹

¹ A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 473

अल्पाइन हिमालय श्रेणी का दक्षिणी-पूर्वी भाग				प्रशान्त महासागरीय पेटो	
1. सुमात्रा	11	1 पश्चिमी कनाडा	—	1. एल्यूसियन एव अलास्का	
2. जावा	19			प्रायद्वीप	35
3. लघु सुण्डा द्वीप	15	2. प० संयुक्त राज्य	1	2. कामचटका	9
4. मल्लका द्वीप	3	3. मेक्सिको	9	3. क्यूराइल द्वीप	13
		4. ग्वाटेमाला	14	4. जापान द्वीप	33
		5. निकारगुआ	7	5. फिलीपाइन द्वीप	98
		6. कोस्टारिका	5	6. द० पू० न्यूगिनी	15
		7. लघु एण्टीलीज द्वीप	9	7. सोलोमन द्वीप	2
		8. उत्तरी एण्डीज	11	8. न्यू हेब्रिडीज	7
		9. मध्यवर्ती एण्डीज	9	9. टोंगा द्वीप	6
		10. दक्षिणी एण्डीज	22	10. न्यूजीलैण्ड	4
		11. दक्षिणी एण्टीलीज	2		

(2) मध्य महाद्वीपीय पेटो (Mid Continental Belt)—यह पेटो यूरेशिया महाद्वीप के मध्यवर्ती भागों में नवीन वलित पर्वतों के सहारे पूर्व से पश्चिम को फैली हुई है। यह आइसलैण्ड के हेकला पर्वत से प्रारम्भ होकर स्कॉटलैण्ड में होती हुई अफ्रीका के केमरून पर्वत की ओर जाती है। कनारी द्वीप पर इसकी दो शाखाएँ हो जाती हैं—एक पश्चिम की ओर और दूसरी पूर्व की ओर। पूर्व की ओर यह शाखा स्पेन, इटली, सिसली, टर्की, काकेशिया, आर्मेनिया, ईरान, अफगानिस्तान एवं पाकिस्तान, भारत, बर्मा व मलाया होती हुई पूर्वी द्वीपसमूह तक चली गयी है। इसके अतिरिक्त अरब में जोर्डन की रिफ्ट घाटी व लाल सागर होती हुई एक शृंखला अफ्रीका की विशाल रिफ्ट घाटी तक फैली हुई है। यूरोप की राइन रिफ्ट में भी अनेक ज्वालामुखी हैं।

(3) अन्ध महासागरीय पेटो (Atlantic Belt)—प्रशान्त महासागर की तुलना में अन्ध महासागर में ज्वालामुखियों की संख्या नगण्य है। अन्ध महासागर में केवल मध्य अमरीका की ज्वालामुखी शृंखला लघु एण्टीलीज द्वीपों में प्रवेश कर पश्चिमी द्वीप समूह तक जाती है। यह शृंखला फिर अन्ध महासागर के पार पूर्वी तट पर एजोर्स केपवर्ड तथा कनारी द्वीपों में चली गयी है। यूरोप के पश्चिमी तट पर उत्तर की ओर आइसलैण्ड में कई सक्रिय ज्वालामुखी हैं। प्रशान्त महासागर की भित्ति का अन्ध महासागर के चारों ओर ज्वालामुखियों का कोई घेरा नहीं है।

(4) अन्य बिखरे हुए ज्वालामुखी (Scattered Volcanoes)—ज्वालामुखियों के उपरोक्त क्षेत्रों के अतिरिक्त संसार में कई बिखरे हुए ज्वालामुखी भी देखे जाते हैं। उदाहरणतः हिन्द महासागर में मैडागास्कर, कमोरो, रीयूनियन, मारीशस तथा अन्य कई द्वीपों पर प्रसुप्त एवं निर्वापित ज्वालामुखी पाये जाते हैं। अण्टार्कटिका महाद्वीप में रास सागर के तटीय क्षेत्रों में इरेबुस तथा टेरर जैसे सक्रिय एवं प्रसुप्त ज्वालामुखी देखे जाते हैं। इसी प्रकार संसार में अन्य कई छुट-पुट ज्वालामुखी बिखरे हुए पाये जाते हैं।

ज्वालामुखियों का समय के अनुसार वितरण—भू-गर्भीय इतिहास से विदित होता है कि ज्वालामुखीय क्रिया न तो आकस्मिक घटना ही है और न अस्थायी क्रिया ही। ज्वालामुखी पृथ्वी के इतिहास के सम्भवतः सभी कल्पों और सभी क्षेत्रों में सक्रिय रहे हैं। ज्वालामुखी का समय और स्थान दोनों ही प्रकार के वितरण से यह प्रकट होता है कि पृथ्वी के व्यवस्थित विकास में ज्वालामुखी का विशिष्ट स्थान है।

जेगर के हवाई ज्वालामुखियों के अध्ययन के अनुसार उद्गार का चक्र लगभग ग्यारह वर्ष की लम्बी अवधि का होता है। इससे भी अधिक 65, 130 और 260 वर्षों की अवधि के लम्बे चक्र भी पहचाने गये हैं। भू-गर्भीक इतिहास द्वारा हमें लाखों वर्ष की अवधि के लम्बे चक्र भी ज्ञात हुए हैं। उग्र ज्वालामुखीय क्रिया का अन्तिम विश्वव्यापी काल सम्भवतः एक करोड़ वर्ष पूर्व मध्य कल्प (Miocene period) के साथ समाप्त हो गया था। उसके बाद से संसार में सर्वत्र ज्वालामुखीय क्रिया क्षीण होती जा रही है। किन्तु भविष्य में सम्भवतः आज से हजारों या कुछ लाख वर्ष बाद मध्य कल्प की भाँति पृथ्वी पर पुनः ज्वालामुखीय क्रिया प्रारम्भ हो जायगी और वर्तमान प्रत्यक्ष जाग्रत ज्वालामुखी के पीछे हजारों ज्वालामुखी होंगे। मध्य कल्प की ज्वालामुखी क्रिया के परिणाम हम विश्व के वर्तमान विशाल ज्वालामुखी पर्वतों, पठारों एवं मैदानों के रूप में देख ही रहे हैं।

संसार के कुछ प्रसिद्ध ज्वालामुखी

विसूवियस—इटली का प्रमुख ज्वालामुखी पर्वत—विसूवियस—न केवल संसार का सबसे प्रसिद्ध ज्वालामुखी है, वरन् पुरातन भी है। इसके विषय में लोग बहुत पूर्व भाँति-भाँति की किवदन्तियाँ सुनते आये हैं तथापि मनुष्यों की स्मृति में इसका उद्गार हुए इतना अधिक काल व्यतीत हो चुका था कि इसके उद्गार की बात लोग एकदम भूल ही गये थे। अचानक ही 79 ई० में इसकी ज्वाला फूट पड़ी। यह उद्गार इतना प्रचण्ड और भीषण हुआ कि मानव समाज पर प्रलय



चित्र 396—इटली का विसूवियस ज्वालामुखी

का-सा आंतक छा गया। कई शताब्दियों तक इनकी स्मृति मनुष्यों को भुलाये न भूलती थी। रोमन सभ्यता के जगमगाते हुए हरक्लूनियम, पाम्पाई और स्टेवियाई नामक नगर न केवल एकदम तहस-नहस हो गये वरन् ज्वालामुखी की उगली हुई राख, धूल और आग्नेय की चूर-चार के इतने मोटे परत से ढक गये जिसे हटाना मनुष्य की शक्ति से बाहर की बात थी। इस उद्गार की विशेषता यह थी कि इसके उगले हुए पदार्थों में राख, धूल, भाप गैसों तथा चट्टानों के खण्ड चूर-चार की आग्नेय बौछारों के अतिरिक्त लावा का तनिक भी प्रवाह नहीं हुआ। भाप की अधिकता से इतनी भीषण वर्षा हुई कि हरक्लूनियम नगर पर जमी हुई राख व धूल कीचड़ में परिणत हो

1 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 468

गयी और कीचड़ कालान्तर में जमकर कठोर चट्टान बन गया। पाम्पाई नगर ज्वालामुखी के मुख से लगभग 6 मील दूर स्थित है। इतनी दूरी पर भी आग, राख, धूल, भाप और वर्षा की भीषण बौछारों के फलस्वरूप इस पर 30 फुट मोटी परत जम गयी थी। राख, धूल और भाप के बादलों ने आकाश में ऐसा घटाटोप अँधेरा कर दिया था कि सूर्य उसके पीछे विलुप्त हो गया प्रतीत होता था।

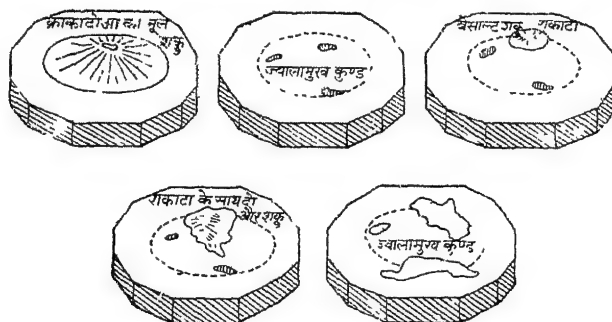
इसके उपरान्त इस ज्वालामुखी में कई बार प्रचण्ड ज्वाला भडकी है और बीच-बीच में शान्ति और सुषुप्तावस्था की कई एक लम्बी अवधियाँ बीती है जो कई बार शताब्दियों तक रही। सन् 1139 से 1631 तक की 500 वर्ष की लम्बी अवधि में इसमें केवल एक बार सन् 1500 में एक सूक्ष्म उद्गार देखने में आया था। परन्तु इस युग की समाप्ति पर इसमें बहुत जल्दी-जल्दी उद्गार होने लगे। सन् 1906 में इसका आधुनिक युग का सबसे प्रचण्ड उद्गार हुआ।

स्ट्राम्बोली—भूमध्यसागर में एटना और स्ट्राम्बोली नामक दो और ज्वालामुखी हैं जो विसूवियस के समान ही महत्त्वपूर्ण हैं। स्ट्राम्बोली विगत 2000 वर्षों से निरन्तर उद्गार करता रहा है। साधारणतः इसके उद्गार के समय अत्यन्त तरल लावा और उसमें उबलते हुए गैस के बुलबुले निकलते हैं। आधुनिक शताब्दी में भी सन् 1907, 1912, 1915 और 1921 में इसके प्रचण्ड उद्गार हुए हैं। जून 1921 में इसके उद्गार के समय इतना विषैला और गन्धकमय धुआँ निकला कि इस द्वीप के अधिकांश निवासी (2800) स्ट्राम्बोली द्वीप छोड़कर भाग गये। सितम्बर 1930 में इस ज्वालामुखी में फिर भीषण खलबली मची थी। लावा का प्रवाह शंकु के आधार को छोड़कर प्रचण्ड रूप से होने लगा और भीषण धड़कों से पर्वत का शिखर ही उड़ गया। स्ट्राम्बोली से बहुधा भाप का ही उद्गार होता है जो देखने में धुँआ-सा लगता है। क्रेटर की भूमि की दरारों से प्रज्वलित लावा की चमक जब भाप के इन बादलों पर पड़ती है तब वे अति प्रकाशमान हो जाते हैं। इसीलिए स्ट्राम्बोली को 'भूमध्य सागर का प्रकाश स्तम्भ' कहते हैं।

एटना—यह सिसली द्वीप के पूर्वी-भाग में स्थित है। समुद्र-तल से यह 10,000 फुट की ऊँचाई पर है। इसकी वृत्ताकार परिधि 87 मील लम्बी है। इससे निकला हुआ लावा इसके आधार के दूने क्षेत्रफल की खेती-बाड़ी के काम आता है परन्तु ऊपर की भूमि केवल उजाड़ खण्ड है। शंकु की ऊँचाई लगभग 1100 फुट है। इसके क्रेटर से भाप और गन्धकमयी गैसों निरन्तर निकलती रहती है। कभी-कभी लावा भी बह निकलता है। एटना का उद्गार इसी प्रकार निरन्तर लगभग 400 वर्ष ई० पूर्व से होता आ रहा है। इसका सबसे महत्त्वपूर्ण उद्गार सन् 1669 में हुआ। इस उद्गार के समय पर्वत का सम्पूर्ण शिखर उड़ गया और उसके स्थान पर पर्वत के पार्श्व में 6 फुट चौड़ा और अनन्त गहराई वाला एक गर्त उत्पन्न हो गया जो लगभग 12 मील लम्बा था। पाँच गर्त और भी बन गये थे। इन सबमें पिघला हुआ लावा भर गया और पीछे यह जमकर कठोर चट्टान की दीवार बन गया। शिखर से 27 मील की दूरी पर जगल में एक दरार उत्पन्न हो गयी जिससे बालू, राख आदि उछल-उछलकर गिरने लगीं। ये एक-दूसरे छोटे, गौण शंकु के रूप में जमा हो गयीं। यह शंकु 400 फुट ऊँचा हो गया। आजकल इस ज्वालामुखी में ऐसे लगभग 500 शंकु हैं और इनमें से एक तो लगभग 750 फुट ऊँचा है।

क्रैकेटोआ—इतना भीषण उद्गार आधुनिक काल के उन दो महत्त्वपूर्ण उद्गारों में से है जिनके कारण समस्त भू-मण्डल डोल उठा था। इनमें से एक क्रैकेटोआ का अगस्त 1883 का उद्गार और दूसरा मई 1902 का मांट पेले का है। क्रैकेटोआ, जावा और सुमात्रा के बीच सुण्डा जल-डमरूमध्य का प्रसिद्ध ज्वालामुखी है और मांट पेले पश्चिमी द्वीपसमूह के मारटीनिक टापू का प्रसिद्ध ज्वालामुखी पर्वत है।

क्रैकेटोआ का यह महाभीषण उद्गार सन् 1883 में हुआ था। इसके पूर्व सन् 1680 में भी यह ज्वालामुखी भडक चुका था। परन्तु इसके उपरान्त इसने सुषुप्तावस्था धारण कर ली थी। मई 1883 में इसमें से धुएँ के बादल उठते देखे गये और अगस्त तक धुएँ का उद्गार निरन्तर होता रहा। अब धुएँ के उद्गार के साथ भीषण धड़ाको के शब्द भी सुनाई पड़ने लगे। धड़ाकों के घनघोर शब्द से वायुमण्डल कम्पित हो उठा और समस्त भू-मण्डल के वायुदाब में अप्रत्याशित उतार-चढ़ाव होने लगा। सबसे भीषण धड़ाका 27 अगस्त, 1883 को प्रातःकाल हुआ। इस धड़ाके के साथ ही टापू का दो-तिहाई भाग उड़ गया और पर्वत के स्थान पर तीन-चार सौ गज से भी अधिक गहरा सागर लहराने लगा। इस धड़ाके की आवाज 3000 मील दूर भी साफ सुनाई पड़ी थी।



चित्र 397—क्रैकेटोआ ज्वालामुखी के उद्गार की विभिन्न अवस्थाएँ

94 मील दूर बटेविया के लोग धड़ाको को सुनकर मृत्यु आशंका से अध-मरे हो गये। धड़ाके की गूँज 4 घण्टे बाद ही हिन्द महासागर के पार 3080 मील दूर रोडरीक्ज़ द्वीप पर साफ सुनाई पड़ी थी। इस धड़ाके के प्रभाव से समुद्र में अति वेगवान लहरें उठी और इन लहरों ने विरोधी दिशाओं में पलायन करके समस्त पृथ्वी के जलमण्डल को डौंवाडोल कर दिया। आस-पास के टापुओं पर 50 फुट गहरे जल की बाढ आ गयी और लहरों के थपेड़ों से जावा और सुमात्रा के तटवर्ती लगभग 300 गाँव बह गये और 36,000 से अधिक मनुष्य डूबकर मर गये।

इस उद्गार के समय लावा का सर्वथा अभाव रहा। केवल राख, धूल और विखण्डित चट्टानों की अपार राशि ने आकाश में उड़कर लगभग 3,00,000 वर्गमील भूमि को ढक लिया था। समुद्र में तैरने वाले जामक (pumice) के कारण जलयानों के मार्ग अवरुद्ध हो गये थे। वायुमण्डल में इस प्रचण्ड उद्गार से जो कम्पन उत्पन्न हुआ उसकी विशाल तरंगों ने सारे ससार के वायुदाब को हिला दिया। वायुमण्डल में इन तरंगों का सात बार दौरा हुआ। प्रत्येक लहर 72 घण्टे के क्रैकेटोआ से चलकर फिर वही लौट आती थी। इस विस्फोट के पश्चात् ज्वार की ऐसी भीषण धारा उत्पन्न हुई कि एक बड़े भारी जहाज को ज्वार तरंगे भूमि की ओर डेढ़ मील बहा लायी और पचास-पचास टन वाले शिलाखण्ड ज्वार तरंगों में बहकर तीन मील भूमि पर चढ़ गये।

मांट पेली—मई 1902 में मांट पेली का ताण्डवीय उद्गार आरम्भ हुआ। पिछले 45 वर्षों से इस ज्वालामुखी की ज्वाला बुझी पड़ी थी। इस पर्वत का फैलाव आधा मील व्यास के वृत्त में था। इसके क्रेटर की मुडेर 2000 फुट की ऊँचाई पर थी। सन् 1762 और 1851 से इसमें थोड़ी-बहुत खलबली देखने में आयी थी परन्तु सन् 1852 से 1902 तक तो यह प्रसुप्त ही रहा। अप्रैल 1902 में इसमें थोड़ी बहुत सक्रियता मालूम पड़ी थी, परन्तु इससे आशंकित होने का कोई विशेष कारण नहीं था। भाप, गैस और राख के गुब्बारे उठते रहे और कोई-कोई तो 1300 फुट की ऊँचाई तक पहुँचे। ज्वालामुखी के क्रेटर के धरातल में तीन बड़े-बड़े छेद हो

गये। इन्हीं से ज्वाला फूटने लगी, परन्तु शीघ्र ही धुएँ से गन्धक की तीव्रता बढ़ने लगी और इस विषैले धुएँ ने सेण्ट पियरे नगर की सड़कों पर घोड़ों को मूर्च्छित करके गिराना आरम्भ कर दिया। थोड़ी ही देर में धुएँ, राख और धूल की अधिकता से राह चलना दूभर हो गया।

इस समय भूकम्प आने आरम्भ हुए और तोपों की गर्जन-सी गड़गड़ाहट सुनाई पड़ने लगी। भूकम्प के वेग से टापू के पास समुद्री तार नष्ट-भ्रष्ट हो गये। गड़गड़ाहट की आवाज 300 मील दूर तक सुनाई पड़ती थी। अचानक 8 मई, 1902 को एक विशाल काले घटाटोप बादल ने क्रेटर से निकलकर अति तीव्र गति से महाप्रलयकर आँधी के समान, ब्लेच नदी की घाटी में होकर पाँच मील दूर बसे सेण्ट पियरे नगर की इमारतों, वृक्षों तथा खम्भों को झकझोरना आरम्भ कर दिया। क्षण भर में नगर तहस-नहस हो गया। मकान गिरकर मिट्टी में मिल गये। वृक्ष उखाड़कर कहीं के कहीं फेंक दिये गये। सारा नगर धू-धूकर विशाल लपटों में जलकर भस्म होने लगा। दो-चार क्षण उपरान्त नगर पर कीचड़ और पत्थरों की भीषण वर्षा होने लगी। नगर के तीस हजार वासियों में दो को छोड़कर शेष उसी में मर गये। अनेक जन तो विषैले धुएँ और प्रचण्ड अग्नि की लपटों में गिरकर मर गये थे।

यह उत्पात कई मास तक होता रहा। अगस्त 1902 में इसका रूप फिर बीभत्स हो गया और आसपास के प्रान्तों के 2000 मनुष्यों ने फिर इसकी चपेट में आकर प्राण गँवाये। भाप और राख के बादल छह-सात मील ऊँचे उठकर आकाश में छा जाते थे। तदुपरान्त घनघोर वृष्टि होती थी जिसमें राख, धूल और कीचड़ गिरता था।

ला-साउफ्रियरे—जिस समय मांट पेली का उद्गार हो रहा था लगभग उन्ही दिनों और सम्भवतः एक ही भू-गर्भिक शक्ति से प्रेरित होकर 90 मील की दूरी पर सेण्ट विसेण्ट नामक टापू का ला-साउफ्रियरे (La-Sufriere) नामक ज्वालामुखी भी ज्वाला उगलने लगा। इसका उद्गार भी मांट पेली के सदृश ही बीभत्स और प्रलयात्मक था। परन्तु इसके आसपास घना बसा हुआ नगर न होने के कारण इस उद्गार में केवल 1350 मनुष्य ही काम आये। दोनों ज्वालामुखियों से निकली हुई धूल बहुत दूर तक उड़कर पहुँची। सेण्ट विसेण्ट में इस धूल की 60 फुट गहरी परत जम गयी। इस ज्वालामुखी से भी लावा का प्रवाह बिलकुल ही नहीं हुआ।

स्काप्ता—आधुनिक काल में लावा का भयंकर उत्पात सन् 1783 में आइसलैण्ड में स्काप्ता (Skapta) नामक ज्वालामुखी के उद्गार के समय देखने में आया। वैज्ञानिकों का विश्वास है कि इस ज्वालामुखी से जो विशाल राशि लावा की 25 दिनों के उद्गार में बह निकली थी वह विसूवियस और एटना के दो सहस्र वर्षों के निरन्तर उद्गार की समग्र लावा राशि से भी कहीं अधिक थी।

सेण्टामेरिया—सन् 1902 के महत्त्वपूर्ण वर्ष में मध्य अमरीका में भी ज्वालामुखी की आग भड़क उठी। निकारगुवा के मोसाया, सालवेडोर के इजाल्को और ग्वाटेमाला के सेण्टामेरिया के ज्वालामुखियों के उद्गार इसी वर्ष में हुए। इनमें सेण्टामेरिया का उद्गार अति प्रचण्ड और भयानक था। यह ज्वालामुखी बहुत दिनों से सोया हुआ पड़ा था। 24 अक्टूबर, 1902 को अचानक यह फूट पड़ा और इसका उद्गार एक वर्ष तक निरन्तर होता रहा। परन्तु उद्गार की प्रचण्डता प्रतिदिन कम होती गयी। राख और धूल की अपार राशि ने लाखों वर्गमील भूमि को आच्छादित कर दिया।

कटमाई—अलास्का के कटमाई नामक ज्वालामुखी का सन् 1912 का उद्गार भी बिना लावा का उद्गार था। इसमें से निकली हुई राख और धूल इतनी अधिक उत्पन्न और प्रज्वलित थी कि जिस घाटी में यह भर गयी थी उसमें से बहुत समय तक आग की लपटें निकलती रहीं

और इसलिए लोगो ने उस घाटी का नाम सहस्र लौ वाली घाटी (The valley of ten thousands of smokes) रख दिया।

ताम्बोरो—इसी प्रकार का सूखा उद्गार सन् 1815 में लावा में सुम्बा के निकट ताम्बोरो नामक ज्वालामुखी का हुआ था। इस उद्गार में इतनी अधिक राख और धूल की राशि निकली थी कि ज्वालामुखी के चारो ओर 20 मील व्यास के वृत्त के भीतर का प्रत्येक गाँव और नगर इसमें दबकर नष्ट-भ्रष्ट हो गया। यह अनुमान किया जाता है कि इस उद्गार में लगभग 150 घन किलोमीटर राख एवं धूल निकलकर भूमि पर गिरी होगी।

ससार के ज्वालामुखियों के उद्गारों के इतिहास में प्रशान्त महासागर के हवाई द्वीपों के ज्वालामुखियों के उद्गार अपना विशेष महत्त्व रखते हैं। इन द्वीपों की दोनों समान्तर श्रेणियों में असंख्य ज्वालामुखी पर्वत हैं। बहुत से द्वीप तो सागर की तली में बने हुए ज्वालामुखी के शंकुओं की चोटी के ही वे भाग हैं जो जल के ऊपर निकल आये हैं।

मौनालोआ और किलाऊ—हवाई द्वीप पर स्थित मौनालोआ और किलाऊ नामक ज्वालामुखी आजकल भी जाग्रत हैं। किलाऊ का उद्गार इतना विलक्षण होता है कि उसके प्रचण्ड उद्गार की प्रतीक्षा की जाती है, जिससे उसका अध्ययन किया जा सके। यों तो अनेक विस्फोटक उद्गार भी इस ज्वालामुखी में हो चुके हैं, परन्तु साधारणतः इसका उद्गार शान्त ही होता है। साधारण उद्गारों के समय एक प्रकार का तरल लावा बहता है। यह लावा मधु-सदृश गाढ़ा होता है और उसी के समान बहने वाला होता है। इसका मुख-गर्त एक विशाल आकार का कड़ाह है, जिसकी आकृति और आकार में समय-समय में परिवर्तन होता रहता है। आजकल यह 3 मील लम्बे और एक मील चौड़े अण्डाकार विशाल गर्त के रूप में है। इसके आधे आकार का एक और छोटा गर्त इसकी पेदी में है। इस लघु गर्त का धरातल जमे हुए लावा पदार्थ का बना है। इस लघु गर्त में एक और गर्त है जो पिघले हुए लावा से भरा हुआ है और 'लावा की झील' कहलाता है। इसका नाम हालमाऊ माऊ है। हालमाऊ माऊ की दिशा भी निरन्तर बदलती रहती है। 1912 में इस झील की लम्बाई-चौड़ाई 800 × 500 फुट थी और इसके लावा का तापमान 950°–1185° सेण्टीग्रेड था। तरल लावा से धुएँ के बादल ऊपर उठते थे जो कभी तो बहुत ऊँचे उठ जाते थे और कभी कम। कभी कभी धुएँ का उद्गार इतना प्रबल होता था कि उबलते लावा की धाराएँ उसके साथ-साथ ऊपर उठ जाती थीं।

मौनालोआ और किलाऊ के उद्गारों में अपूर्व असमानता पायी जाती है, यद्यपि दोनों ज्वालामुखी पास-पास हैं। मौनालोआ का विशाल चपटा शंकु 40 मील व्यास के धरातल पर 15,000 फुट ऊँचा है। इससे बहने वाला लावा भी हालमाऊ माऊ की भाँति ही अति तरल अवस्था में रहता है। इसके उद्गार में किसी प्रकार का ठोस पदार्थ नहीं निकलता। लावा का प्रवाह क्रेटर से तो बहुत ही कम होता है, परन्तु वह शंकु के पार्श्वों को फोड़ता हुआ बह निकलता है। लावा प्रवाह का स्थान भी प्रति नवीन उद्गार के साथ ही बदलता रहता है। सन् 1868 में लावा का प्रचण्ड उद्गार हुआ था। सागर-तल से 3000 फुट से भी अधिक ऊँचाई के लावा के फुवारे छूटने आरम्भ हुए। इस द्वीप की ओर से यात्रा करने वाले जलयानों के यात्रियों ने देखा था कि उस समय द्वीप का सम्पूर्ण पूर्वी भाग आग की विकराल लपटों में धूँ-धूँ कर जलता प्रतीत होता था। इस ज्वालामुखी से प्रवाहित लावा की धारा चालीस-पचास मील चलकर जब समुद्र में गिरती है तब लावा ठण्डा होकर काली बालू में परिणत हो जाता है। इसके विपरीत, किलाऊ के क्रेटर से निकलने वाले लावा का प्रवाह कभी भी क्रेटर को लॉघकर बाहर नहीं गया। सन् 1924 के प्रचण्ड उद्गार के अतिरिक्त और भी अनेक प्रचण्ड उद्गार किलाऊ में हो चुके हैं। सन् 1789 का उद्गार पूर्वोक्त उद्गार की अपेक्षा कहीं अधिक प्रचण्ड और भीषण था। इसमें

चट्टानों के अंशात्मक पदार्थों की अपार राशि का उद्गार हुआ था और साथ ही अति भीषण विस्फोट भी। यद्यपि इस भीषण उद्गार का विशेष हाल लोगों को नहीं मालूम है, तथापि इसके बृहत् गर्त के मुख शिखर पर जमी हुई महीन धूल की परत इसी प्रचण्ड उद्गार की स्मृति सजग किये हुए है। सन् 1848 से 1855 तक किलाऊ प्रसुप्तावस्था में रहा। इस बीच में झील से निकलने वाला धुआँ और गैसें भी इतनी कम हो गयी कि झील का लावा भी ठण्डा होकर जम गया। ठण्डी होकर जमी हुई लावा की ऊपरी पपड़ी भीतर की गैसों की भाप के कारण गुम्बदाकार रूप में ऊपर उठ गयी। गुम्बद 300 फुट से भी अधिक ऊँचा हो गया है। अगले वर्ष बसन्त ऋतु में इस गुम्बद को फोड़कर 40-50 फुट ऊँची लावा की धारा बह निकली और बहुत जोर से धड़ाके हुए। थोड़े दिनों में यह गुम्बद नष्ट-भ्रष्ट हो गया।

इस प्रकार के गुम्बद अन्य ज्वालामुखियों में भी बनते पाये गये हैं। बहुधा ये गुम्बद उन ज्वालामुखियों के सन्धि-स्थानों पर बन जाते हैं जिनसे अत्यन्त लसलसे लावा का प्रवाह होता है। इन गुम्बदों में मुख-गर्त नहीं होता और न इनसे लावा ही बहता है। इन गुम्बदों का पार्श्व अत्यन्त ढालू और कभी-कभी एकदम सीधा होता है। जापान के होकेडो द्वीप के तारुमाई नामक ज्वालामुखी के गर्त में सन् 1909 में इसी प्रकार का एक गुम्बद बनते देखा गया था। एल्यूसियन द्वीप-समूह के उत्तरी समुद्र में सन् 1796, 1883, 1906 और 1909 में इसी प्रकार के गुम्बद उठकर बोगोस्लाफ द्वीप बन गये।

भारत में ज्वालामुखीय क्रिया का वितरण (Volcanic Activity in India)

यद्यपि वर्तमान में भारत के अन्दर सक्रिय ज्वालामुखियों के कोई चिह्न नहीं हैं किन्तु अतीत में हमारे यहाँ बड़ी मात्रा में ज्वालामुखी उद्गार हुए थे। धारवाड़ युग में दकन के पठार पर हुए ज्वालामुखी उद्गार के प्रमाण हैं। इसी काल में बिहार की डालमा श्रेणी में भी ज्वालामुखीय क्रिया हुई थी। कड़प्पा युग में मध्य भारत और कड़प्पा में विस्फोट हुए थे। विन्ध्यन युग में तो ज्वालामुखीय क्रिया बहुत ही उग्र हो उठी। इस युग में अरावली और पंजाब में अनेक विस्फोट हुए। कार्बन युग में काश्मीर में हुए ज्वालामुखी विस्फोट के चिह्न मिलते हैं। इनका प्रभाव पीर पंजाल और लद्दाख श्रेणी में अधिक हुआ। जुरसिक युग में बिहार की राजमहल पहाड़ी और आसाम की अबोर पहाड़ी ज्वालामुखी के उद्गार हुए थे। मीयोसिन युग के अन्त में और टर्शरी युग के प्रारम्भ में दकन के पठार पर भारी दरारी उद्गार हुए। इन उद्गारों से निकला हुआ लावा लगभग दो लाख वर्गमील क्षेत्र में फैल गया था। अब तो ज्वालामुखीय क्रिया के नाम पर भारत में यत्र-तत्र गरम पानी के स्रोत मिलते हैं। बंगाल की खाड़ी में बेरम द्वीप में प्रसुप्त ज्वालामुखी है जिसमें से यदाकदा गन्धकीय गैस व धुआँ निकलने लगता है।

उपरोक्त विवरण से स्पष्ट है कि ऐतिहासिक काल में भारत के अन्दर ज्वालामुखी क्रिया के कुछ विशिष्ट क्षेत्र रहे हैं। डा० चिम्बर ने भारत को निम्नलिखित ज्वालामुखी क्षेत्रों में बाँटा है :

- (1) बिहार का डालमा क्षेत्र—यह क्षेत्र पूर्व-पश्चिम दिशा में फैला हुआ है। डालमा श्रेणी के ज्वालामुखी इसी भाग में आते हैं। इस क्षेत्र में धारवाड़ युग में उद्गार हुए थे।
- (2) कड़प्पा, बिजावर और ग्वालियर क्षेत्र—यह क्षेत्र उत्तर-दक्षिण दिशा में फैला हुआ है। यहाँ कड़प्पा युग में ग्वालियर, बिजावर और कड़प्पा के निकट उद्गार हुए थे।
- (3) मलानी एवं किराना श्रेणी क्षेत्र—इस क्षेत्र में विन्ध्य-युग में जोधपुर की मलानी श्रेणी और पंजाब की किराना श्रेणी से उद्गार हुए थे। यह क्षेत्र भी उत्तर-दक्षिण को विस्तृत है।

(4) निचला हिमालय क्षेत्र—यह क्षेत्र उत्तरी पर्वतीय प्रदेश में उत्तर-पश्चिम से दक्षिण-पूर्व को फैला हुआ है। इस क्षेत्र में पुराजीव महाकल्प में विस्फोट हुए थे। पीर पजाल श्रेणी, सतलज की ऊपरी घाटी, गढ़वाल, भुवाली एवं नैनीताल आदि इसी क्षेत्र में सम्मिलित हैं।

(5) राजमहल तथा अबोर श्रेणी क्षेत्र—यह क्षेत्र आसाम से बिहार तक उत्तर-पूर्व से दक्षिण व दक्षिण-पश्चिम को फैला हुआ है। यहाँ मध्य कल्प में राजमहल और अबोर श्रेणियों में ज्वालामुखीय क्रिया हुई थी।

(6) दकन का पठारी क्षेत्र—यह क्षेत्र ज्वालामुखीय क्रिया का सबसे महत्वपूर्ण और विशाल क्षेत्र है। इस क्षेत्र में क्रिटेशस युग एवं नवजीव-कल्प के प्रारम्भ में भीषण दरारी उद्गार हुए थे, जिससे निःसृत लावा द्वारा पठार का अधिकांश भाग ढक गया था।

ज्वालामुखी का मानव जीवन पर प्रभाव

कई शताब्दियों तक भूमध्य सागर के इर्द-गिर्द का क्षेत्र, जहाँ ज्वालामुखी एवं भूकम्प की प्रधानता रही है, मानव-जाति के विचार और संस्कृति का केन्द्र रहा। परिणामस्वरूप लोगों की धारणा बन गयी कि पृथ्वी के धरातल पर होने वाले परिवर्तन सदैव विनाश से जुड़े रहते हैं। आदिकाल से ही मनुष्य प्रलयवादी रहा है। पृथ्वी पर एकरूपतावाद का स्पष्ट रूप में प्रारम्भ उन लोगों द्वारा किया गया जो धरातल पर ऐसे भागों में रहते थे जहाँ भू-गर्भिक क्रियाएँ बहुत ही मन्द और शान्त रूप से आगे बढ़ीं।

आकस्मिक घटनाओं में ज्वालामुखी का मानव पर बहुत ही गहरा और दूरगामी प्रभाव होता है। इसका विनाशकारी प्रभाव बड़ा ही हृदय-विदारक होता है। सन् 79 के विसुवियस, सन् 1883 के क्रेटोआ और सन् 1902 के मांट पेली आदि ज्वालामुखियों के उद्गारों की विनाश-कहानी अभी तक मानव द्वारा भुलायी नहीं जा सकी है। ध्वमकारी उद्गारों की विनाशता इसलिए और भी अधिक बढ़ जाती है कि ये उद्गार बड़े अचानक होते हैं तथा इनमें से बड़ी मात्रा में तप्त लावा, गरम गैस, वाष्प, धूल, धुआँ एवं अन्य कई प्रकार के शैलखण्ड धड़के के साथ बाहर निकलते हैं। कुछ उद्गारों के आने की पूर्व-सूचना भी कभी-कभी भूमि के कम्पन अथवा थरथराहट की आवाज एवं पशु-पक्षियों की घबराहट, कण्ठोत्पादक बोली से मिल जाती है किन्तु अन्य समय इस प्रकार की कोई सूचना नहीं मिलती और तब जो उद्गार अचानक होते हैं उनकी भयकरता का अनुमान लगाना असम्भव है। ज्वालामुखी के ध्वंसकारी प्रभाव का कुछ चित्र नीचे दिये गये उदाहरणों से स्पष्ट हो जाता है।

ज्वालामुखी से निकलने वाली वस्तुओं में गैसों सबसे खतरनाक होती है। कई बार इनसे जहरीली गैसों निकलती हैं जो वायु में मिलकर समस्त वायुमण्डल को विषाक्त बना देती हैं जिससे पशु-पक्षी तथा मनुष्य थोड़े समय में ही काल-कवलित हो जाते हैं। पश्चिमी द्वीपसमूह में मार्टिनीक द्वीप में सन् 1902 में मांट पेली नामक ज्वालामुखी ने सहसा अपना विकराल मुख खोल दिया। बड़े वेग से विस्फोट हुआ और उसमें से राख, शैलखण्ड, वाष्प आदि वस्तुओं की वर्षा होने लगी। कुछ ही समय में इसने विषाक्त काला धुआँ उगलना प्रारम्भ कर दिया। यह विषाक्त धुआँ पर्वतीय ढाल से उतरकर सेंट पारी नगर की ओर बढ़ा। देखते ही देखते इस नगर के 30,000 व्यक्ति इस विषाक्त धुएँ की चपेट में सदा के लिए सो गये। केवल एक हृषी अपराधी बचा, जो भू-गर्भ में एक कोठरी में बन्द था और जिसे दो-चार दिन में ही फाँसी होने वाली थी। फिर इससे निकलने वाली गैस का तापमान इतना ऊँचा था कि इसने समस्त वस्तुओं को झूलसा दिया। भोजन, वस्त्र, फल, काँफी के बेर एवं फरनीचर आदि सबको इसने कार्बनयुक्त बना दिया। संयुक्त राज्य अमरीका के यलोस्टोन पार्क में अभी भी कई स्थानों पर जहरीली कार्बन गैस बाहर निकलती है जो अपने निकट आने वाले भालुओं को मार डालती है।

ज्वालामुखी से निकलने वाले शैलखण्ड, उष्ण वाष्प, गरम राख एवं धूल आदि भी उतने ही भीषण सिद्ध होते हैं जितनी कि गैसें। अगस्त 1883 में हुए क्रेकेटोआ का विस्फोट इसका सबूत है। 27 अगस्त, 1883 को भगनक धडाको के साथ इसका विस्फोट प्रारम्भ हुआ। इस विस्फोट से क्रेकेटोआ द्वीप का दो-तिहाई भाग उड़ गया और पर्वत के स्थान पर 1000-1200 फुट गहरा समुद्र लहराने लगा। इस उद्गार में लावा का सर्वथा अभाव था। केवल राख, धूल, वाष्प और शैलखण्डों की अपार वर्षा होने लगी। इससे निकली धूल ने आकाश में उड़कर लगभग 3,00,000 वर्गमील भूमि को ढक लिया। इसके विस्फोट से 100 मील दूर स्थित बटाविया नगर में दीवारें और खिड़कियाँ टूट गयीं। प्रबल धडाकों से समुद्र में 100 फुट ऊँची प्रलयकारी लहरें उत्पन्न हो गयीं जो 400 मील प्रति घण्टे के वेग से जावा और सुमात्रा के तटों से जा टकरायीं। इन लहरों के थपेड़ों से जावा और सुमात्रा में लगभग 300 तटवर्ती गाँव बह गये और 36,000 व्यक्ति काल के मुँह में चले गये। सन् 79 के ऐतिहासिक विसूवियस उद्गार के समय जो राख, धूल और वाष्प की प्रचण्ड वर्षा हुई, उसके फलस्वरूप 6 मील दूर स्थित पाम्पाई नगर 30 फुट मोटी धूल की परत में दब गया और उसके 20,000 निवासी सदैव के लिए समाधिस्त हो गये। इस ज्वालामुखी विस्फोट के बाद जो भीषण वर्षा हुई उसने ज्वालामुखी राख पर पड़कर गरम कीचड़ को जन्म दिया। इस कीचड़ ने बहकर हरक्थूलेनियम नगर को जा दबोचा और नगर 60 फुट मोटी कीचड़ की तह में सो गया।

ज्वालामुखी उद्गार के समय जो वाष्प निकलती है वह प्रायः उष्ण वर्षा के रूप में बरसती है। यह उष्ण वर्षा जले पर नमक छिड़कने के समान होती है। इसके अतिरिक्त, ज्वालामुखी से निकलने वाला तप्त लावा लंका-दहन की आग की भाँति शंकु के ढाल के चारों ओर या कुछ निश्चित दिशा में बहकर फैल जाता है। इस लावा प्रवाह से यद्यपि जन-हानि तो कदाचित् ही होती है परन्तु अनेक नगर उसके नीचे दब जाते हैं। मांट एटना से एक समय निकलने वाली लावा की धारा ने ससस्त लहलहाते खेतों की समाधि बना डाली। आइसलैण्ड में लावा प्रवाह की रौद्रता तो रोगटे खड़े कर देने वाली है। यहाँ जून 1783 में स्केप्टर जोकल ज्वालामुखी के विस्फोट से 15 मील लम्बी धरती फट गयी और उस दरार से जो लावा उमड़-उमड़ कर निकलने लगा उसने बड़ा ही लोमहर्षक दृश्य उपस्थित कर दिया। दो वर्ष तक बराबर लावा का उद्गार जारी रहा। इस उद्गार से लावा अनेक धाराओं में बहने लगा। इसकी एक धारा 12 से 15 मील चौड़ी और 50 मील लम्बी थी। इससे अनुमान हो सकता है कि कितनी विशाल मात्रा में लावा-राशि का उभाड़ हुआ। इस लावा प्रवाह से नदियों के मार्ग अवरुद्ध हो जाने से प्रलय-लीला मच गयी। देश भर में भारी जल-प्रलय का दृश्य उपस्थित हो गया। इस जल-प्रलय में अनेक गाँव डूब गये जिससे अपार धन-जन की हानि हुई। इसी प्रकार लावा की बाढ़ में भी कितने ही गाँव दब गये। इस उत्पात से आइसलैण्ड में लगभग 10,000 व्यक्ति, 2,00,000 भेड़ें, 28,000 घोड़े तथा 11,000 पशु नष्ट हो गये।¹

ज्वालामुखी उद्भेदन से धन-जन की हानि तो होती ही है, परन्तु धरातल पर भी उथल-पुथल मच जाती है। भूमि पर विशाल दरारें पड़ जाती हैं, कई स्थानों पर द्वीप नष्ट हो जाते हैं, कई नदी, घाटियाँ और झीलें लावा में डूब जाती हैं, समुद्र में प्रचण्ड लहरें उत्पन्न हो जाती हैं, कई स्थानों पर लावा निक्षेप से भूमि ऊँची-नीची हो जाती है और कई स्थानों पर लावा, धूल, राख और शैलचूर्ण से विशाल पर्वत बन जाते हैं। कई स्थानों पर भूमि नीचे बैठ जाती है और कई

¹ जगपति चतुर्वेदी : ज्वालामुखी, पृ० 206

स्थानों पर भूमि ऊपर उठ जाती है। इन समस्त उत्पातों से मनुष्य के शान्तिपूर्ण जीवन में अनायास ही बाधाएँ आ जाती हैं जो उसकी प्रगति में बाधक होती हैं।

यद्यपि ज्वालामुखी के विनाश की विभीषिका का स्मरण करते ही रोमांच हो आता है, किन्तु इसका रचनात्मक पक्ष भी कम आकर्षक नहीं है। ज्वालामुखी क्रिया से मानव को जो लाभ हुआ है, वह बड़ा महत्वपूर्ण है।

ज्वालामुखी उद्गार से निःसृत लावा से उपजाऊ मिट्टी की रचना होती है। लावा मिट्टी के क्षेत्र समार के उपजाऊ क्षेत्रों में गिने जाते हैं। हमारे देश में दकन के पठार में जहाँ इनका क्षेत्र हजारों वर्गमील में फैला हुआ है, वहाँ 2000 वर्षों से बिना खाद दिये उत्तम कपास की खेती की जा रही है। इस मिट्टी में गेहूँ, गन्ना, तम्बाकू तथा मकई आदि कई प्रकार की फसलों की सफल खेती होती है। इटली में एटना और विसूवियस पर्वतों की तलहटी में ऐसे ही उपजाऊ मैदान हैं जिनमें फलों की अच्छी खेती होती है। लावा मिट्टी के ऐसे ही प्रदेश ब्राजील, इथोपिया व सयुक्त राज्य की स्टेक व कोलम्बिया नदियों की घाटियों में पाये जाते हैं जो कहवा, फल, कपास व गेहूँ आदि फसलों के उत्पादन के लिए प्रसिद्ध हैं।

ज्वालामुखी उद्गारों के कारण ही भू-पटल पर कई खनिज पदार्थों का निक्षेप हो जाता है। स्वीडन में पाया जाने वाला लोहा भू-गर्भ से निकले द्रव पदार्थ के धरातल के निकट जम जाने से ही बना है। कई खनिज उद्गार के समय निकलने वाले गरम जल और गैसों में घुलकर धरातल पर आकर जम जाते हैं। जापान, इटली और सिसली में गन्धक के निक्षेप इसी प्रकार बने हुए हैं। कई उद्गारों के समय खनिजों की धारियाँ छोटी-छोटी दरारों में जमा हो जाती हैं जो कालान्तर में पृथ्वी के धरातल पर दृष्टिगोचर हो जाती हैं। जस्ता, चाँदी, सीसा आदि खनिज इसी प्रकार की धारियों में मिलते हैं।

ज्वालामुखी लावा तथा राख आदि पदार्थों के नीचे जो नगर तथा पशु-पक्षी एवं अन्य वस्तुएँ दब जाती हैं वे कालान्तर में फॉसिल के रूप में प्राप्त होती हैं। इनका अध्ययन कर प्राचीन काल के जीवन पर प्रकाश डाला जा सकता है। विसूवियस के उद्गार के कारण ही हम अब प्राचीन रोमन सभ्यता के बारे में यथेष्ट ज्ञान प्राप्त कर सके हैं।

ज्वालामुखीय क्रिया से स्थल पर अनेक प्रकार के भू-आकार बन जाते हैं। कई स्थानों पर पर्वत, पठार तथा मैदान बन जाते हैं। कई ज्वालामुखी शान्त हो जाने के बाद उनके क्रेटर झीलों में बदल जाते हैं। कई स्थानों पर भूमि पर बड़ी-बड़ी दरारें बन जाती हैं और कई जगह समुद्र में द्वीपों की रचना हो जाती है।

ज्वालामुखीय क्रिया ने हमारी पृथ्वी के इतिहास को जानने में भी बड़ी सहायता पहुँचायी है। इसके भू-गर्भ से निकलने वाले पदार्थों से पृथ्वी की आन्तरिक भौतिक एवं रासायनिक अवस्थाओं की समझने में बड़ी मदद पहुँचायी है।

ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाली वाष्प और गैसें बड़ी उपयोगी सिद्ध होती हैं। डॉ॰ प्रेलर ने अनुमान लगाया है कि यदि सन् 1928 में हुए एटना पर्वत के उद्गार के समय निःसृत शक्ति को एकत्रित कर लिया जाता तो उससे समस्त इटली को तीन वर्ष तक बिजली दी जा सकती थी। कैलिफोर्निया में एकत्रित भाप से विद्युत उत्पादन का कार्य किया जाता है।

आइसलैण्ड तथा न्यूजीलैण्ड में गरम पानी के स्रोतों से लोग भोजन पकाने और वस्त्र धोने का काम लेते हैं।

लावा के निक्षेप से बनी चट्टानें इमारती कार्यों के लिए बहुत उपयोगी सिद्ध हुई हैं। उद्गार के साथ निकली कार्बन डाइ ऑक्साइड से चूने का पत्थर बनता है।

ज्वालामुखी उद्गार से बनी झील सिचाई के लिए बड़ी उपयोगी होती है। मिस्र की नील नदी ऐसी ही एक विक्टोरिया झील से निकलती है जिससे समस्त मिस्र हरा-भरा बना हुआ है।

ज्वालामुखी अध्ययन द्वारा भविष्य में होने वाले विस्फोटों के सम्बन्ध में भविष्यवाणी की जा सकती है, जिससे अपार धन-जन की हानि को बचाया जा सकता है। यही क्यों, लोगो को कलात्मक विचार और धर्म के सम्बन्ध में भी ज्वालामुखियों का महत्वपूर्ण योगदान रहा है। संसार के ऐसे ज्वालामुखियों में माउण्ट अरारात और प्यूजीयामा विशेष उल्लेखनीय हैं। मनुष्य ने जब से इनको देखा है किसी में भी कोई बड़ा उद्गार नहीं हुआ है। अरारात विश्व के बड़े ज्वालामुखियों में से एक है। इसकी ऊँचाई लगभग 17,000 फुट है। इसका सम्मित रूप और हिमधवल चोटी अत्यन्त ही आकर्षक है। यदि लोगों ने इसके सम्बन्ध में ऐसी कई कहानियाँ गढ़ डाली हैं जो मानव जाति के इतिहास से गहन सम्बन्ध रखती हैं तो कोई आश्चर्य की बात नहीं है।

मेक्सिको के एजटेक्ट लोग दानवों को प्रसन्न करने के लिए पोपोकैटीपीटल ज्वालामुखी को बलि चढ़ाया करते थे। संसार के किसी भी पर्वत ने देश के कलात्मक जीवन में उतना महत्वपूर्ण स्थान प्राप्त नहीं किया जितना प्यूजीयामा ने किया है। इसका सुन्दर और सुघड़ शंकु-रूप विश्व में अद्वितीय है।

35

भूकम्प (EARTHQUAKES)

पृथ्वी-तल पर अनेक प्रकार के प्राकृतिक उपद्रव हुआ करते हैं। कभी बिजली चमकती है, कभी बादल गरजते हैं, कभी तूफान आता है, कभी नदियों में बाढ़ आ जाती है और कभी ज्वालामुखी से भयंकर अग्नि-वर्षा होती है। अधिकांश अवसरों पर इन सब उपद्रवों से मनुष्य अपनी रक्षा कर लेता है। पर जिस प्राकृतिक उपद्रव का वर्णन हम करने जा रहे हैं उससे सुरक्षित रहने का कोई उपाय ही नहीं है। उसका बिल्कुल अचानक स्वरूप बड़ा ही भीषण और प्रभाव महानाशक होता है। यह प्राकृतिक उपद्रव भूकम्प या भू-डोल है। इसके कारण इतनी बड़ी पृथ्वी सिर्फ काँपने ही नहीं लगती बल्कि कभी-कभी झूले की तरह झूलने भी लगती है। सैकड़ों मकान गिर पड़ते हैं, अनगिनत व्यक्ति काल के मुँह में चले जाते हैं, पृथ्वी में बड़ी-बड़ी दरारे हो जाती हैं, नदियाँ अपना मार्ग बदल देती हैं, समुद्र का पानी बौंसो उछलने लगता है और उसमें नये टापू निकल आते हैं। जल की जगह स्थल और स्थल की जगह जल-क्षेत्र की उत्पत्ति हो जाती है। यह भूकम्प क्षण-भर में महाप्रलय का भीषण दृश्य उपस्थित कर देते हैं।

भूकम्प क्या है ?

‘भूकम्प’ शब्द का साधारण अर्थ है “पृथ्वी का हिलना”। पर केवल इतने अर्थ से ही भूकम्प का ठीक-ठीक अनुमान नहीं किया जा सकता। भूकम्प का सही-सही ज्ञान करने के लिए उसकी तार्किक और वैज्ञानिक व्याख्या की आवश्यकता होती है। सेलिसबरी ने उसकी व्याख्या करते हुए कहा है, “भूकम्प धरातल के वे प्रकम्प (tremours) अथवा कम्प (quakes) हैं जो मानव से असम्बन्धित क्रियाओं के फलस्वरूप होते हैं।”

जे० बी० सेकलवेन (J. B. Macelwane) ने भूकम्प की परिभाषा करते हुए बताया है :
“An earthquake is a vibration or oscillation of the surface of the earth caused by a transient disturbance of the elastic or gravitational equilibrium of the rocks at or beneath the surface.”

यद्यपि भूकम्प की व्याख्या करने का कई विद्वानों ने प्रयत्न किया है पर सबसे अधिक सफलता राबर्ट मैलेट नामक भू-गर्भशास्त्री को मिली। उसने भूकम्प सम्बन्धी बहुत-सी बातों का भली प्रकार विवेचन करके निश्चय किया कि “जब उद्द्वेग के किसी एक अथवा अधिक केन्द्रों के ऊपर-नीचे, अगल-बगल या किसी ओर को आकुंचक और प्रसारक तरंगें पृथ्वी की परिधि के किसी अंश में उठती हैं तब यदि वह अंश स्थल हुआ तो उसमें भूकम्प आता है और यदि वह जल हुआ तो उसमें भारी लहरें आने लगती हैं।” उद्द्वेग के केन्द्रों से यहाँ अभिप्राय उन स्थानों से है जहाँ पृथ्वी के अन्दर बड़ी-बड़ी चट्टानें अन्दर की ओर गिरती हैं, झीलो और स्रोतों में बाढ़ आ जाती है, गुफाओं और दरारों में भारी हुई गैसें आदि जोर से निकलकर इधर-उधर फैलती हैं अथवा इसी प्रकार के और दूसरे उपद्रव होते हैं। यदि मनुष्य को इन्हीं सब बातों की ठीक-ठीक जानकारी हो जायें तो

यह भूकम्प के नाशक प्रभाव से बहुत कुछ बच सकता है। इसीलिए बड़े-बड़े विद्वान इन सब बातों का पता लगाने के लिए भरी-भरी प्रयत्न कर रहे हैं।

भूकम्प के कारण

प्राचीन धारणाएँ—भूकम्प के कारणों के सम्बन्ध में प्राचीन समय में भिन्न-भिन्न देशों में विचित्र धारणाएँ प्रचलित थीं। प्रारम्भ में अधिकांश लोग इसे दैवी प्रकोप मानते थे। कुछ लोगों की यह भी मान्यता थी कि जब पृथ्वी पर पाप बढ़ जाता है तो पापों के भार में पृथ्वी हिल उठती है। बाद में सभी देशों के निवासियों को यह विश्वास हो चला कि कोई जानवर पृथ्वी को उठाये हुए है और उसके हिलने से पृथ्वी में कम्पन होता है। भारत में लोगों का यह विश्वास था कि पृथ्वी शेषनाग पर ठहरी हुई है। जब शेषनाग हिलता है तो पृथ्वी भी हिलती है। तुर्की, बलगेरिया, बोर्नियो तथा बाल द्वीप में लोग समझते थे कि पृथ्वी एक भैंसे के सींगों पर टिकी हुई है। जब भैंसा पृथ्वी को एक सींग से दूसरे सींग पर बदलता है तो भूकम्प आता है। इसी प्रकार उत्तरी अमेरिका में कछुए, ईरान में कैंकड़े, तिब्बत में मेंढक और सिलेवीज द्वीप में सुअर पर पृथ्वी स्थित मानी गयी थी। इन देशों के निवासियों का विश्वास था कि इन जानवरों के हिलने से ही पृथ्वी हिल उठती है।

आधुनिक मत—जिस भूकम्प का प्रभाव इतना भीषण और नाशक होता है, उसके कारणों का पता लगाने का विद्वानों ने अब तक बहुत कुछ प्रयत्न किया है। आधुनिक भू-गर्भवेत्ताओं का मत है कि भूकम्प के कुछ विशिष्ट कारण हुआ करते हैं और कुछ लोगों का कहना है कि इसके अनेक कारण होते हैं। पर साधारणतः यही मालूम होता है कि भूकम्प किसी एक कारण से आ सकता है और अनेक मिले-जुले कारणों से भी, अथवा यह भी सम्भव है कि एक कारण से दूसरे और भी अनेक कारणों की सृष्टि हो जाती है और इससे भूकम्प के आने में सहायता मिलती हो।

भूकम्प के कारणों को दो भागों में विभक्त किया जा सकता है—एक, वास्तविक या प्राथमिक और दूसरे, गौण। पृथ्वी की भीतरी गर्मी का धीरे-धीरे शान्त होना, सूर्य आदि ग्रहों के प्रभाव और गुरुत्वाकर्षण प्रभावों में अन्तर आदि वास्तविक या प्राथमिक कारण हैं। कभी-कभी तो स्वयं इन्हीं कारणों से भूकम्प होता है और कभी-कभी इनके द्वारा दूसरे औपचारिक कारणों की सृष्टि हो जाती है। पृथ्वी-तल का प्रसारण और आकुचन, तापमान में अन्तर, वायुदाब, वर्षा, आँधी, सूर्य और चन्द्रमा का जल तथा स्थल में तरंगों उत्पन्न करने का आकर्षक प्रभाव, प्राकृतिक कारणों से पुरानी चट्टानों आदि का नाश और नयी चट्टानों की सृष्टि और भू-गर्भ के समताप तलों में परिवर्तन आदि गौण या औपचारिक कारण हैं।

(1) प्रसिद्ध विद्वान हम्बोल्ट (Humbolt) का मत था कि जिस कारण पर्वतों में से ज्वाला निकलती है वही कारण भूकम्प का भी है। उसके विचार से 'पृथ्वी के भीतर की ज्वाला का उसके ठोस तल पर प्रत्याघात' ही इन दोनों का कारण है। इसी के आधार पर कुछ वैज्ञानिकों ने निश्चय किया है कि पृथ्वी के अन्दर की भाप कभी-कभी फूटकर दरारों आदि से बाहर निकलने लगती है और उससे भी भूकम्प आता है। पृथ्वी के अन्दर की जो गर्मी शान्त हो रही है उसके कारण भाप का बनना भी स्वाभाविक है और बहुत बढ़कर स्वयं उसका फूट निकलना भी। इसलिए इस सिद्धान्त के मानने में भी किसी प्रकार की आपत्ति नहीं हो सकती है और कदाचित् इसीलिए कुछ भूकम्प के झटके भिन्न-भिन्न और भारी होते हैं।

(2) ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न भूकम्पों (volcanic earthquakes) की विशेषता यह है कि जब तक उद्गार होता रहता है तब तक भूकम्प का संवेग भी जारी रहता है और जैसे ही उद्गार धीमा पड़ता है भूकम्प का वेग भी कम होता जाता है। प्रायः इन भूकम्पों का प्रकोप ज्वालामुखी के चारों ओर आसपास के क्षेत्रफल तक ही सीमित रहता है, चाहे भूकम्प कितना ही

भीषण क्यों न हो। ज्वालामुखी के विस्फोट से उत्पन्न भूकम्प का अनुभव दूरस्थ प्रदेशों में कदाचित् ही होता है। ज्वालामुखी क्षेत्रों में आने वाले भूकम्प इस मत की पुष्टि करते हैं। सन् 1883 में इक्षिया द्वीप—जो नेपल्स की खाड़ी में स्थित है—में एक प्रचण्ड भूकम्प के आघात से कैसामि-शिओला नामक नगर का पूर्णतया विध्वंस हो गया, परन्तु 22 मील दूर स्थित नेपल्स नगर पर इसका तनिक भी प्रभाव न पड़ा। नेपल्स में भूकम्प के आघात का अनुभव भी सूक्ष्म रूप से ही हुआ। इसी प्रकार सन् 1886 में मौनालोआ नामक ज्वालामुखी के उद्गार के समय हवाई द्वीप का दक्षिणी अर्द्ध-भाग विकट वेग से प्रकम्पित हो उठा। उद्गार के 6 दिन पूर्व ही भूकम्प के धक्के आने आरम्भ हो गये थे जो प्रति बार अत्रिकाधिक प्रचण्ड होते गये। ज्यो-ज्यो उद्गार का समय निकट आता गया इतना वेग महाभीषण होता गया और इनके फलस्वरूप विध्वंस और सर्वनाश के दृश्य उपस्थित होने लगे। परन्तु जब उद्गार आरम्भ हुआ तब भूकम्प का वेग अति शीघ्र कम हो गया। इतने प्रचण्ड और विध्वंसकारी भूकम्प का प्रभाव भी सीमित क्षेत्रफल में ही हुआ। स्वयं हवाई द्वीप का उत्तरी भाग अक्षत और शान्त बना रहा। यहाँ तक कि 150 मील की दूरी पर तो इन आघातों का किसी को आभास भी न हुआ।

मध्य अमरीका में आने वाले अति प्रचण्ड भूकम्प भी इसी प्रकार एक संकीर्ण क्षेत्रफल तक ही सीमित रहते हैं। एटना, विसूवियस तथा अन्य ज्वालामुखी पर्वतों के उद्गार में भी इसी प्रकार के भूकम्प आये थे। परन्तु कतिपय उदाहरण ऐसे भी हैं जिनमें ज्वालामुखी द्वारा उत्पन्न भूकम्प का प्रभाव हजारों मील पड़ते देखा गया है। सन् 1883 का प्रसिद्ध क्रेकेटोआ का विस्फोट ऐसी ही प्रचण्ड घटना थी। इस घटना से आसपास के क्षेत्र में तो भूचाल की अति प्रचण्ड लहरे उठी ही, किन्तु सबसे अचरज की बात यह थी कि उसके धक्के से समुद्र में एक ऊँची लहर उमड़कर 8000 मील दूर दक्षिणी अमरीका के केपहार्न तट से जा टकरायी।

ज्वालामुखी क्षेत्रों में कभी-कभी ऐसे भूकम्प आते हैं जिनका सम्बन्ध किसी ज्वालामुखी के विस्फोट से नहीं होता। इन भूकम्पों का वेग तथा ध्वसात्मक प्रभाव उसी प्रकार का होता है जैसा ज्वालामुखी के क्षेत्रों के बाहर के प्रदेशों में आने वाले भूकम्पों का होता है। इन भूकम्पों के आने के कारण वही होते हैं जो अन्य साधारण भूकम्पों के होते हैं।

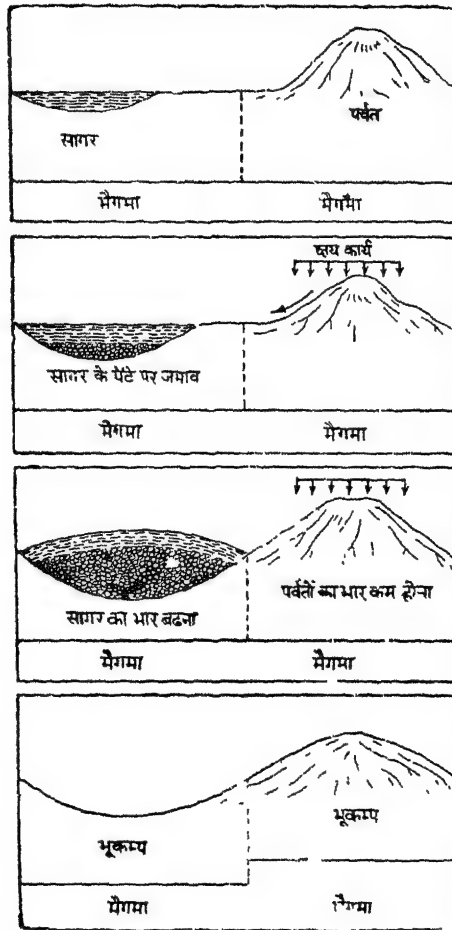
(3) पृथ्वी के भीतरी भाग में कहाँ-कहाँ क्या-क्या वस्तुएँ हैं, कोई मनुष्य इस विषय में निश्चयपूर्वक नहीं बता सकता। परन्तु फिर भी यह बात निर्विवाद है कि उसमें बहुत अधिक गर्मी अवश्य है और इसमें कोई सन्देह नहीं कि वह गर्मी दिन पर दिन शान्त होती जा रही है। उस गर्मी के शान्त होने के कारण पृथ्वी का भीतरी भाग कुछ सिकुड़ता है जिससे स्तर-भ्रंश होता है और भूकम्प आता है।

(4) अधिकांश नाशक भूकम्पों का केन्द्र समुद्र के गर्भ में होता है। जिन स्थानों पर भूमि या चट्टानों की तहों के जमने का क्रम बराबर जारी रहता है, वे स्थान यदि जल के पास हों तो जल के भीतर झरने के कारण वहाँ अनेक ज्वालामुखी विवर बन जाते हैं और उन्हीं के संयोग से प्रायः भूकम्प आया करता है।

इस सम्बन्ध में मैलेट ने भी यह विचार प्रकट किया कि समुद्र-तल में जो दरारें हो जाती हैं उनसे होकर भीतर की अग्नि तक समुद्र का पानी पहुँचता है। जब तक यह पानी नीचे उतरता रहता है तब तक आरम्भ में हल्का कम्प या धमक होती है और जब वह पानी अग्नि तक पहुँच जाता है तब एक या अधिक धडाके होते हैं जिनके कारण भूकम्प के भारी झटके लगते हैं।

(5) भू-पृष्ठ की चट्टानों पर तनाव (tension) या भिचाव (compression) पड़ने पर चट्टान चटक जाती है और उनकी परतों में अव्यवस्था हो जाती है जिससे धरातल पर धक्के लगते हैं और कम्पन उत्पन्न होता है।

जिस रेखा पर चिप्पड की चट्टाने चटकती या खिसकती है उसे भ्रंश (fault) कहते हैं।



चित्र 398—सन्तुलन सम्बन्धी भूकम्प

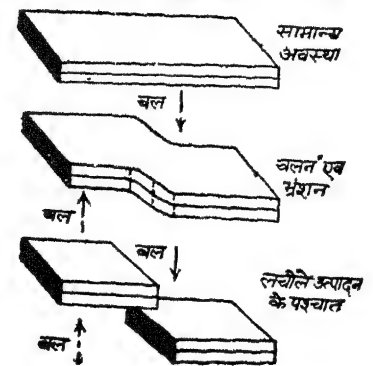
(6) कभी-कभी जल की रासायनिक क्रिया द्वारा जमीन भीतर से बहुत कुछ पोली हो जाती है और कुछ समय उपरान्त ऊपर की जमीन ठीक उसी प्रकार घँस जाती है जिस प्रकार बड़ी-बड़ी खानें खुदाई के कारण नीचे घँस जाती हैं। इस घँसाव के कारण न केवल कम्पन ही होता है बल्कि शब्द भी होता है।

(7) कुछ लोगों का यह भी कहना है कि जब किन्हीं कारणों से भू-सन्तुलन बिगड़ जाता है तो उसको ठीक रखने के लिए भू-गर्भ में लावा इधर-उधर होता है। लावा की इस क्रिया से चट्टानों में हलचल होती है जिससे हल्के-हल्के धक्के आते हैं।

(8) एक अमरीकन भू-गर्भशास्त्री का मत है कि भू-गर्भ का ताप तो भूकम्प का कारण अवश्य है, पर भाप और गैसों आदि के विस्फोट के कारण भूकम्प नहीं आता

लगभग सभी बड़े-बड़े भूकम्पों में इस प्रकार के भ्रंश होते हैं। कहीं-कहीं ये भ्रंश धरती की ऊपरी सतह तक दिखाई पड़ते हैं। सन् 1906 के सैनफ्रांसिस्को के भूकम्प में इस भ्रंश रेखा के ऊपर धरती में एक चौड़ी दरार हो गयी थी जो 500 मील लम्बी थी। इसे सैन एण्ड्रियास की घाटी (San Andreas Rift) कहते हैं। इस रेखा के एक ओर की भूमि दक्षिण की ओर खिसक गयी। प्रत्येक वस्तु (सड़क, भित्ति, पाइप आदि) जो इस रेखा को पार करती थी, दो भागों में बँटकर उत्तर-दक्षिण हो गयी। कहीं-कहीं इन दोनों खण्डों में 21 फुट तक का अन्तर हो गया। इस प्रकार के दृश्य आसाम और जापान के भूकम्पों के समय भी देखने को आये हैं। कहीं-कहीं भूमि ऊपर-नीचे खड़ी हो जाती है जैसे अलास्का के सन् 1889 के भूकम्प में समुद्र का एक भाग 47 फुट ऊँचा उठ गया था।

इन भ्रंशों और दरारों के सम्बन्ध में वैज्ञानिकों में मतभेद है। कुछ वैज्ञानिक इन भ्रंशों को भूकम्प का कारण मानते हैं और कुछ भूकम्पों के कारण इनकी सृष्टि होती बताते हैं। जो कुछ भी हो, प्रायः यह सभी विद्वान स्वीकार करते हैं कि भूकम्पों का एक प्रधान कारण भू-पृष्ठ की चट्टानों पर पड़ने वाला तनाव व भिचाव है।



चित्र 399—प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप सिद्धान्त के अनुसार भूकम्प की उत्पत्ति

बल्कि भू-गर्भ के जलते हुए भाग में जो तरंगें उत्पन्न होती हैं उन्हीं के कारण भूकम्प आता है। उसका कहना है कि जिस प्रकार समुद्र की लहरों के कारण उस पर चलने वाला जहाज हिलता है उसी प्रकार भू-गर्भ के जलते हुए तरल पदार्थों की तरंगों के कारण भूकम्प होता है अर्थात् जिस समय भू-गर्भ की अग्नि में किसी प्रकार का क्षोभ होता है उस समय भूकम्प भी होता है।

(9) प्रसिद्ध अमरीकी भू-गर्भवेत्ता डॉ० एफ० एस० रीड ने भू-गर्भ की चट्टानों के अध्ययन के आधार पर यह मत प्रकट किया है कि भूकम्प की क्रिया भूमिगत शैलों के लचीलेपन पर निर्भर करती है। उसके अनुसार भू-गर्भ की चट्टानें रबर के समान लचीली हैं। इसलिए उनमें बढ़ने और घटने का गुण है। जब किसी स्थान की चट्टानों पर तनाव पड़ता है तो चट्टानें अपने लचीले स्वभाव के कारण उसे सहन करती रहती हैं। किन्तु जब तनाव चट्टान के लचीलेपन की सीमा से बढ़ जाता है तो चट्टान टूट जाती है। चट्टान के टूटने पर उनके दो अलग-अलग खण्ड हो जाते हैं। ये दोनों खण्ड एक दरार के द्वारा अलग हो जाते हैं। ज्योंही दरार पड़ती है दोनों ओर के चट्टान-खण्ड विपरीत दिशा में खिसक जाते हैं। इस भ्रंश क्रिया से चट्टान का तनाव समाप्त हो जाता है और चट्टान के दोनों खण्ड पुनः अपने स्थान पर आने की चेष्टा करते हैं। इस प्रकार तनाव द्वारा उत्पन्न दबाव भ्रंश-क्रिया से समाप्त हो जाता है और दरार के सहारे सघर्षण से मिलकर भूकम्प उत्पन्न करता है। भूकम्प की उत्पत्ति सम्बन्धी डॉ० रीड के इस मत को प्रत्यास्थ प्रतिक्षेप सिद्धान्त (Elastic rebound theory) कहा जाता है।¹

(10) भूकम्पों के उपरोक्त प्रमुख कारणों के अतिरिक्त कई एक सामान्य कारण भी हैं। उदाहरणतः, चूने के क्षेत्रों में कन्दराओं की छतों के ढह जाने, समुद्रतटों पर ऊँची भृगुओं के गिरने तथा पर्वतीय क्षेत्रों में भू-स्खलन (land slide) एवं हिम-अवधान (avalanches) और भूमि में बम विस्फोट आदि सामान्य कारणों से भी भूकम्प आया करता है। किन्तु ऐसे भूकम्पों का प्रभाव केवल स्थानीय होता है।

भूकम्प के प्रकार (Kinds of Earthquakes)

धरातल पर आने वाले भूकम्प कई प्रकार के होते हैं। भूकम्प के कारणों के आधार पर इन्हें दो प्रमुख वर्गों में विभाजित किया जा सकता है :

- (1) कृत्रिम भूकम्प (Artificial Earthquakes),
- (2) प्राकृतिक भूकम्प (Natural Earthquakes)।

(1) कृत्रिम भूकम्प—वे भूकम्प जो किसी मानवीय क्रिया के कारण उत्पन्न होते हैं, कृत्रिम भूकम्प कहलाते हैं। हम अपने साधारण ज्ञान से यह जानते हैं कि जब कोई भारी मोटरगाड़ी सड़क से गुजरती है तो उससे आसपास के क्षेत्र में बहुत ही मन्द कम्पन होता है। इसी प्रकार बड़े वेग से जब कोई रेल किसी स्थान से गुजरती है तो उससे निकटवर्ती समस्त क्षेत्र हिल उठता है। कुछ खोदते समय अथवा खानों में चट्टानों को तोड़ने के लिए जब सुरंग लगायी जाती है तो उससे भी हल्की धमक उत्पन्न हो जाती है। बम विस्फोट से किसी स्थान का कम्पित हो जाना तो साधारण बात है। उपरोक्त सभी उदाहरण मनुष्य द्वारा उत्पन्न गौण भूकम्पों के कारणों को स्पष्ट करते हैं। ये भूकम्प बहुत ही हल्के होते हैं। इनका मनुष्य पर कोई प्रभाव नहीं होता।

(2) प्राकृतिक भूकम्प—वे भूकम्प जो किसी प्राकृतिक कारण से उत्पन्न होते हैं, प्राकृतिक भूकम्प कहलाते हैं। प्रतिबल (stress) की स्थिति और कारण के आधार पर प्राकृतिक भूकम्प के निम्न तीन उपभेद हैं :

(क) ज्वालामुखी भूकम्प—वे भूकम्प जो ज्वालामुखी उद्भेदन के फलस्वरूप आते हैं उन्हें

¹ J. Gilluey, A. C. Waters and A. O. Woodford : *Principles of Geology*, p. 389

ज्वालामुखी भूकम्प कहा जाता है। जब ज्वालामुखी उद्गार होता है तो भू-गर्भ में लावा, वाष्प, गैसे तथा अन्य पदार्थ बड़ी तीव्रता से नली में ऊपर उठते हैं। ज्वालामुखी नली में इनके उद्वेग से भूमि पर कम्पन होने लगता है। भूमि पर यह कम्पन तब तक होता रहता है जब तक लावा आदि पदार्थों का उद्गार होता रहता है। कभी-कभी गैसों तथा वाष्प का दबाव इतना बढ़ जाता है कि उससे भयानक विस्फोट होता है। इस ज्वालामुखी विस्फोट की तीव्रता के अनुसार ही भूकम्प की तीव्रता होती है। ये भूकम्प ज्वालामुखी उद्गार के पूर्व, उद्गार के साथ-साथ और प्रायः उद्गार के बाद भी आते रहते हैं। किन्तु सामान्यतः ज्वालामुखी के शान्त हो जाने के बाद भूकम्प का आना भी बन्द हो जाता है। यद्यपि ज्वालामुखी क्षेत्रों में ऐसे भूकम्प संख्या में बहुत आते हैं किन्तु प्रायः ये उग्र नहीं होते। ऐसे भूकम्पों का प्रभाव सामान्यतः 100-150 मील तक अनुभव किया जा सकता है, परन्तु कभी-कभी ये भूकम्प भी बहुत उग्र होते हैं। उदाहरणतः, क्रेकेटोआ ज्वालामुखी के सन् 1883 के उद्भेदन के समय जो भूकम्प उत्पन्न हुआ उसका प्रभाव 8000 मील दूर दक्षिणी अमरीका के हार्न अन्तरीप तक अनुभव किया गया था। यहाँ यह स्मरण रखना चाहिए कि यद्यपि अधिकांश ज्वालामुखी उद्भेदनो के साथ भूकम्प आता है परन्तु सभी ज्वालामुखी उद्गारों के साथ भूकम्प आना आवश्यक नहीं है।

(ख) **विवर्तनिक भूकम्प**—ये भूकम्प जो पृथ्वी की आकस्मिक हलचलों के कारण उत्पन्न होते हैं उन्हें विवर्तनिक भूकम्प कहते हैं। ये भूकम्प प्रायः भू-पटल के नीचे 3 से 15 मील की गहराई पर उत्पन्न होते हैं। भू-गर्भ में जब कहीं आकस्मिक हलचल होती है तो उससे भू-गर्भ की चट्टानों पर खिचाव (tension) एवं सम्पीडन (compression) बल उत्पन्न होता है। खिचाव बल से चट्टानें अलग-अलग अथवा ऊपर-नीचे खिसक जाती हैं जिससे भू-गर्भ में दरारें उत्पन्न होती हैं। दरारों के उत्पन्न होने से भूमि के अन्दर भारी प्रतिघात होता है। फलस्वरूप पृथ्वी के ऊपर भूकम्प पैदा हो जाता है। सम्पीडन बल से भू-गर्भ की चट्टानों में वलन (folding) उत्पन्न होता है जिससे अन्ततः चट्टानें टूट जाती हैं। चट्टानों के टूटने से भू-गर्भ में जो प्रतिघात पैदा होता है उसी से धरातल के ऊपर भूकम्प आता है। संयुक्त राज्य अमरीका में सैन एण्ड्रियाज की घाटी का भूकम्प भू-गर्भ में विशाल दरार उत्पन्न हो जाने से ही आया था। 15 अगस्त, 1950 को आसाम में आने वाला भूकम्प भी विवर्तनिक भूकम्प का अच्छा उदाहरण है। विवर्तनिक भूकम्प तीव्रता में बहुत अधिक भिन्न होते हैं। किन्तु प्रायः ये भूकम्प बहुत शक्तिशाली और कोई-कोई तो अत्यन्त ही तीव्र और विनाशक होते हैं।

(ग) **पातालीय भूकम्प**—अन्य भूकम्पों की अपेक्षा पातालीय भूकम्पों के सम्बन्ध में बहुत कम जानकारी है। अतः इनके कारणों को समझ पाना भी थोड़ा कठिन है। ये भूकम्प प्रायः उत्पन्न नहीं होते। इनका उद्गम भू-गर्भ में 150 से 420 मील की गहराई पर होता है। चूँकि ऐसी गहराई पर भारी दबाव रहता है, इसलिए सामान्यतः भू-गर्भशास्त्रियों का मत है कि वहाँ किसी प्रकार चट्टानों का आकस्मिक हलचलों से टूटना या भ्रंशन का पैदा होना सम्भव नहीं है। अतः भू-गर्भविदों ने पातालीय भूकम्पों को स्पष्ट करने के लिए बहुत ही सैद्धान्तिक कारण जैसे रासायनिक विस्फोट, खनिजों का पुनः क्रिस्टलन (re-crystallization), खनिजों में लावणिक परिवर्तन और ऐसे ही अन्य कारण बताये हैं।

(घ) **सन्तुलन-मूलक भूकम्प**—जब कोई भूकम्प किसी कारणवश भू-पटल की चट्टानों में सन्तुलन के बिगड़ जाने से उत्पन्न होता है तो ऐसे भूकम्प को सन्तुलन-मूलक भूकम्प कहते हैं। ऐसे भूकम्प प्रायः नवीन मोड़दार पर्वतों के क्षेत्रों में अधिक आते हैं। सन् 1949 में हिन्दुकोह में आया भूकम्प सन्तुलन-मूलक भूकम्प ही था।

गुटनबर्ग और रिचटर (Gutenberg and Richter) ने अति गहराई पर आने वाले

भूकम्पों का विश्लेषण कर यह निष्कर्ष प्रस्तुत किया है कि भूकम्प के धक्कों के उद्गम की क्रिया-विधि सभी गहराइयों पर समान ही है।

गुटनबर्ग और रिचटर ने भूकम्पों को उनके प्रघात की गहराई के अनुसार निम्न भागों में बाँटा है :

(1) **साधारण भूकम्प**—वे भूकम्प जिनका प्रघात (shock) 30 मील या उससे कम गहराई पर उत्पन्न होता है उन्हें साधारण भूकम्प कहा जाता है।

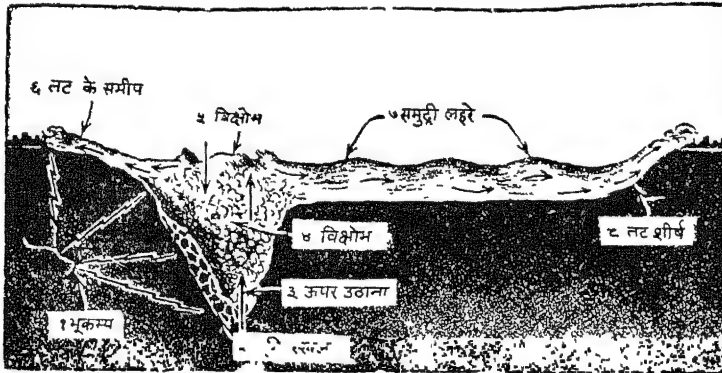
(2) **मध्यम भूकम्प**—जब प्रघात 45 से 100 मील के बीच उत्पन्न होता है तो वे मध्यम प्रकार के भूकम्प होते हैं।

(3) **गहरे भूकम्प**—जब भूकम्प के प्रघात की गहराई 150 से 420 मील के बीच होती है तो उन्हें गहरे भूकम्प कहते हैं।

पृथ्वी के धरातल पर स्थिति के अनुसार भूकम्पों के दो भेद किये जा सकते हैं :

(1) **स्थलीय भूकम्प**—वे भूकम्प जो धरातल के केवल स्थल भागों में आते हैं उन्हें स्थलीय भूकम्प कहते हैं।

(2) **सामुद्रिक भूकम्प**—भूमि के ठोस भाग पर तो भूकम्प आते ही हैं किन्तु अनेक भूकम्प समुद्र की तली में भी उत्पन्न होते हैं। ये भूकम्प तटीय क्षेत्रों में अधिक आते हैं। इसलिए कभी-कभी भूकम्प समुद्र के नीचे प्रारम्भ होते हैं और वहाँ से स्थल भाग में फैल जाते हैं। तटीय भागों के अतिरिक्त ये भूकम्प मध्य अन्ध महासागरीय कगार, महासागरीय गर्तों के निकट और प्रशान्त महासागर की तली पर तो अभूव¹ के दौरान दिन में 200 से 300 तक भूकम्प दर्ज किये गये हैं।



चित्र 400—सामुद्रिक भूकम्प और उससे उत्पन्न सुनामिस

समुद्र की तली में जन्म लेने वाले इन भूकम्पों से वहाँ क्या परिवर्तन होते हैं, यह पूर्ण स्पष्ट तो नहीं है, किन्तु इतना विदित है कि इनसे तली में विशाल गर्तों की रचना हो जाती है। तली के फटने से समुद्र में पड़े हुए तार (cables) टूट जाते हैं। इससे भी विशेष बात यह है कि इनसे समुद्रों में विकराल लहरे उत्पन्न होती हैं, जो भूकम्प से भी अधिक विनाशक सिद्ध होती हैं। भूकम्पजनित ये लहरें कदाचित ही 3-4 फुट से अधिक ऊँची होती हैं। परन्तु कभी-कभी विशाल आकार-प्रकार की लहरें भी उत्पन्न होती देखी गयी हैं। कई बार ये लहरें 40-50 फुट ऊँची और 100 मील से भी अधिक लम्बी होती हैं। ये 300 से 500 मील प्रति घण्टा की आश्चर्यजनक गति से चलती हैं। जापान में भूकम्पजनित इन लहरों को **सुनामिस (Tsunamis)** कहा जाता है।

समुद्रों में बड़ी सुनामिस कदाचित ही आती हैं। प्रशान्त महासागर में प्रति दो वर्ष के बाद कहीं एक-आध दर्ज होती हैं। छोटी सुनामिस प्रायः और कभी-कभी तो नित्य ही आती रहती हैं।

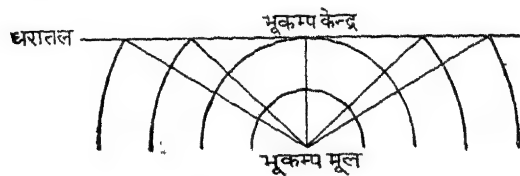
¹ अभूव का अर्थ अन्तरराष्ट्रीय भू-भौतिक वर्ष से है।

अन्ध महासागर मे इसी तरह की सुनामिस पैदा होती है। प्रशान्त महासागर के द्वीप इन प्रबल लहरों से प्रायः आतंकित रहते हैं। सन् 1946 मे अलास्का के निकट एल्यूसियन द्वीपों के सागर-तल मे एक भूकम्प आया था, उसके आघात से पैदा हुई लहरे 490 मील प्रति घण्टा की चाल से हवाई की तरफ चल पड़ी थी। ये दो या तीन फुट से अधिक ऊँची नहीं थी। उनकी आपसी दूरी कोई 100 मील थी। भूकम्प के 4 घण्टे 34 मिनट बाद ये हवाई पहुँचने पर तली को स्पर्श करके धीमी हो गयी। उन्होंने अपनी अपार ऊर्जा 50-50 फुट ऊँची सफेद मिर वाली तरंगों मे संचित कर दी। हर तरंग के पीछे भारी जोर के साथ लौटता सागर भूमि पर चढ़ता गया। हर बार पानी उतरता तो अपने साथ दानवी हाथों की तरह जमीन पर से मकानों और लोगों को समेटता जाता था। कुछ ही समय मे सैकड़ों लोग और मकान समुद्र की भेट चढ़ गये। सन् 1896 मे जापान के निकट टस्कारो गर्त मे आये प्रबल भूकम्प से तीन विशाल दैत्याकार सुनामिस पैदा हुई। सबसे प्रबल सुनामिस 50 फुट ऊँची थी। इसने जापान के तट पर पहुँचकर क्षण-भर मे 20,000 व्यक्तियों और 12,000 मकानों को नष्ट कर डाला। इस भूकम्प के 7 घण्टे 45 मिनट बाद 3590 मील दूर होनोलूलू और 10 घण्टे 30 मिनट बाद 4790 मील दूर सैनफ्रांसिस्को नगर मे लहरों का प्रचण्ड वेग हुआ था। सन् 1883 के क्रेकेटोआ भूकम्प के कारण 135 फुट ऊँची लहरों का जन्म हुआ, जिन्होंने जावा, सुमात्रा और निकटवर्ती द्वीपों को बुरी तरह रौंद डाला। इन दानवी लहरों के प्रहार से कोई 30,000 इण्डोनेशियायी लोगों की प्राणों से हाथ धोना पड़ा।

भूकम्पों की आवृत्ति (Frequency of Earthquakes)

भूकम्प पृथ्वी के धरातल पर होने वाली एक सामान्य घटना है। प्रतिदिन भू-पटल पर अनेक भूकम्प आते हैं। वर्ष भर मे जितने भूकम्पों का अभिलेख होता है उनकी संख्या के आधार पर पृथ्वी पर औसत रूप से हर दो-ढाई घण्टे उपरान्त कहीं न कहीं भूकम्प आता है। पृथ्वी के कमजोर भागों में प्रतिदिन अनेक भूकम्प आते रहते हैं। किन्तु अधिकांश भूकम्प बहुत ही हल्के होते हैं और उनको यन्त्रों की सहायता से पहचाना जा सकता है। पनामा नहर के लिए स्थान के चुनाव में उस स्थान पर भूकम्पों की प्रचण्डता और उनके बार-बार होने के प्रभाव को ज्ञात करने के लिए प्रस्तावित मार्ग के पूर्वी छोर पर स्थित सेन जोस नामक नगर मे सन् 1901 से 1904 के बीच 40 महीनों मे 169 भूकम्पों का अभिलेख किया गया था। इन भूकम्पों मे से केवल 43 सामान्य प्रकम्प (tremors) थे, 91 हल्के धक्के थे और 53 प्रबल धक्के थे। यूनेस्को की रिपोर्ट के अनुसार ससार के समस्त भूकम्प लेखी यन्त्रों द्वारा प्रतिवर्ष लगभग 60,000 प्रकम्पन रिकार्ड किये जाते हैं, परन्तु इनमें से केवल 4000 प्रकम्प ही मानचित्रों पर अंकित किये जाते हैं।

भूकम्पों की लहरें—भूकम्प के सम्बन्ध मे दो बातों का भेद करना बहुत ही आवश्यक है। यह भेद उसकी लहरों और गति के प्रकार तथा कारणों का है। पहले पृथ्वी के गर्भ मे किसी



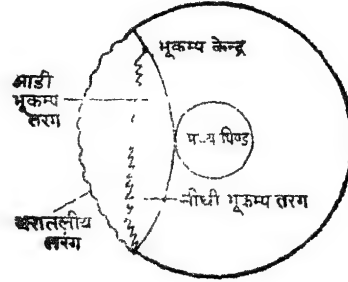
चित्र 401—भूकम्प केन्द्र

उसे अधि-केन्द्र (epicentre) कहते हैं और शेष जिन ऊपरी प्रदेशों से भूकम्प आता है उन्हें भूकम्प क्षेत्र कहते हैं। भू-पटल पर कम्पन का सबसे अधिक प्रभाव अधि-केन्द्र के निकट ही होता है। इसके दूरी बढ़ने पर प्रभाव घटता रहता है।

प्रकार का उद्देग या उपद्रव होता है और तब उसके कारण उसमें तरंगें उठती हैं। पृथ्वी के उद्देग का मुख्य भीतरी स्थान कम्प-केन्द्र (focus, centrum or hypocentre) कहलाता है और उसके ठीक ऊपर पृथ्वी पर जो स्थान होता है

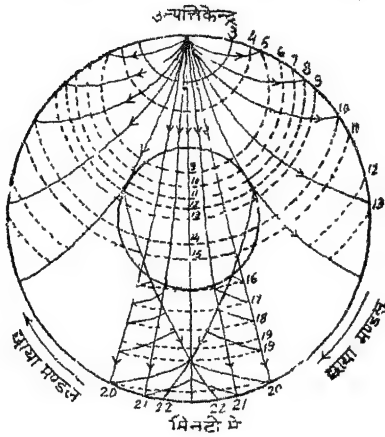
भूकम्प का उद्गम-केन्द्र पृथ्वी के नीचे बहुत ही गहराई में होता है। भूकम्पों के वेग और बल आदि का हिसाब लगाकर वैज्ञानिकों ने यह निश्चय किया है कि उनका उद्गम पृथ्वी के नीचे तीन से बीस मील तक की गहराई में होता है, परन्तु कभी-कभी यह केन्द्र पृथ्वी के नीचे सौ से पाँच सौ मील तक की गहराई पर भी पाया जाता है। भीतरी गर्मी और भाप अथवा भू-सन्तुलन के कारण जो भूकम्प आते हैं उनकी गहराई हमेशा अधिक होती है। 1 फरवरी, 1929 को एटोबाबाद में जो भूकम्प आया था उसका कम्प-केन्द्र 100 मील की गहराई पर स्थित था। किन्तु इसके विपरीत 31 मई, 1935 के क्वेटा वाले भूकम्प का उद्गम-केन्द्र सतह से बहुत ही कम गहराई पर था। डा० जे० एच० ओल्डहम (J H. Oldham) ने भूकम्पों की प्रकृति का विशेष अध्ययन करने के लिए इटली के 5000 भूकम्पों की छान-बीनकर पता लगाया कि उसमें 90 प्रतिशत 5 मील से भी कम गहराई से, 8 प्रतिशत 5 मील से लेकर 19 मील तक की गहराई से और शेष केवल 2 प्रतिशत इससे भी अधिक गहराई से उत्पन्न हुए थे।

भूकम्प के कारण पृथ्वी में चलने वाली लहरें ठीक वैसी ही होती हैं जैसी तालाब में पत्थर फेंकने से उठती हैं। पत्थर जब पानी की सतह से कुछ नीचे जाता है तब दूसरी लहर उठती है। इस प्रकार ज्यों-ज्यों वह पत्थर नीचे की ओर जाता है त्यों-त्यों लहरे उठतीं और आगे बढ़ती जाती हैं। पत्थर खड़े बल में गिरता है और उसी खड़े बल में लहरो की उत्पत्ति होती है। परन्तु स्वयं लहरो की गति आड़े बल में होती है। ठीक इसी प्रकार की लहरें पृथ्वी में भी होती हैं, जिनकी गति आड़े बल में होती है। अन्तर केवल इतना ही है कि जल बहुत हल्का पदार्थ होता है इसलिए उसमें थोड़े-से क्षोभ से ही लहरें उत्पन्न हो जाती हैं। पृथ्वी बहुत भारी है इसलिए उसमें तरंगें उत्पन्न करने के लिए भारी क्षोभ की आवश्यकता होती है।



चित्र 402—भूकम्प की तरंगें

भूकम्प के उत्पत्ति स्थानों से चलने वाली लहरे न तो एक समान ही होती हैं और न उनकी गति ही एकसी होती है। इन लहरों की गति और शक्ति, जिस प्रकार के भू-भाग में होकर वे गुजरती हैं उन पर निर्भर करती हैं। ये लहरें जब आरम्भ होती हैं तो पहले अधि-केन्द्र पर पहुँचती हैं और फिर वहाँ से ये लहरे बाहरी परिक्रमा और यात्रा करने में लग जाती हैं। प्रधानतः कम्प केन्द्र से तीन प्रकार की कम्पन लहरे चलती हैं :



चित्र 403—पृथ्वी के विभिन्न स्तरों में भूकम्प तरंगों का मार्ग

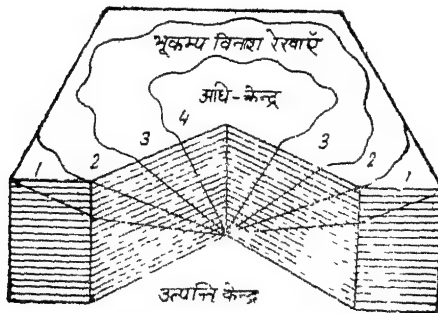
पहले पहुँचने वाली लहरें (waves) ये ही होती हैं।

(क) प्रधान या लम्बी लहरें (Primary, Push or Longitudinal Waves)—ये लहरे सबसे अधिक गतिशील और तेज होती हैं। इनकी गति 5 से 9 मील प्रति सैकण्ड तक होती है। ये ठोस और तरल पदार्थों को समान रूप से पार कर जाती हैं। धरातल पर सबसे

(ख) आड़ी या गौण लहरें (Transverse, Secondary, Shear or Shake Waves)—ये लहरें प्रधान लहरों के समकोण पर चलती हैं। इनकी गति 3-4 मील प्रति सैकण्ड से अधिक नहीं होती। ये प्रधान लहरों की अपेक्षा पृथ्वी में बहुत गहराई तक चलती हैं। पर ये द्रव पदार्थ में से होकर नहीं गुजर पातीं।

(ग) धरातलीय लहरें (Surface or Long Waves)—ये लहरें समुद्र की लहरों के समान पृथ्वी के धरातल पर चलने वाली लहरें हैं। भूकम्प के उद्गम स्थान से भूकम्प-केन्द्र पर पहुँचकर ये लहरे वहाँ से पृथ्वी की बाहरी परिक्रमा और भीतरी यात्रा करने लग जाती हैं। यही कारण है कि किसी-किसी स्थान पर इन लहरों का दो बार प्रभाव होता दिखाई पड़ता है। अधिक गहराई पर इनका प्रभाव मालूम नहीं देता। इनकी गति 2 से 3 मील प्रति सैकण्ड तक होती है। धरातल पर अपार घन-जन की हानि इन्हीं लहरों द्वारा होती है।

भूकम्प की माप—यदि भूकम्प आने के उपरान्त आप किसी से पूछिए कि भूकम्प किस दिशा से आया था और किधर की ओर उसकी गति थी तो कदाचित् यही उत्तर मिलेगा कि चारों ओर से पृथ्वी हिलने लगी थी। साधारणतः लोगों को जो अनुभव होता है उससे दिशा आदि का पता नहीं चल पाता। गति की दिशा और उसका वेग तथा दो कम्पों के बीच का समय आदि बातों का ठीक-ठीक अनुमान केवल बड़े यन्त्रों से ही लगता है। भूकम्प की लहरों की गति नापने के लिए कम्प लेखक यन्त्र (seismograph) का उपयोग किया जाता है। इस यन्त्र द्वारा पृथ्वी के किसी भी भाग में आये हुए भूकम्प को अंकित कर लिया जाता है। भूकम्प का जो अंकन इस यन्त्र द्वारा कागज पर किया जाता है उसे 'सीसमोग्राम' (seismogram) कहते हैं। यन्त्र द्वारा कागज पर अंकित होने वाली रेखाओं से सहज ही यह मालूम किया जा सकता है कि कम्पन किस दिशा से प्रारम्भ हुआ तथा उद्गम-केन्द्र कितनी दूरी पर स्थित है। समुद्र में होने वाला कम्प भी इसकी सहायता से मालूम हो जाता है। भूकम्प की लहरों का सबसे अधिक प्रभाव अधिकेन्द्र पर होता है। अन्य दिशाओं में इसका वेग निर्बल होता जाता है। भूकम्प का प्रभाव जिन स्थानों पर एक ही समय मालूम हो यदि उन्हें चित्र में एक ही रेखा द्वारा मिला दिया जाय तो इस प्रकार बनने वाली रेखाओं को 'सह भूकम्प रेखाएँ' (homoseismal lines) कहते हैं। फिर जिन स्थानों पर भूकम्प की तरंगों का एकसा प्रभाव पड़ा हो तथा एकसी हानि का अनुभव हुआ हो उनको यदि मानचित्र में एक ही



चित्र 404—कम्प केन्द्र और उससे उत्पन्न

तरंगों का अधि-केन्द्र से सम्बन्ध

रेखा द्वारा मिला दिया जाय तो ये रेखाएँ 'सम-भूकम्प रेखाएँ' (isoseismal lines) कहलायेंगी।

यदि किसी स्थान पर भूकम्प दरार बनाकर प्रारम्भ हुआ हो तो सम-कम्पन रेखाएँ वृत्ताकार होंगी जिनका केन्द्र कम्प-केन्द्र होगा। किन्तु यदि भूकम्प बिना दरार आदि के ही आरम्भ हुआ हो तो रेखाएँ अण्डाकार होंगी। अर्थात् कम्प-केन्द्र एक बिन्दु न होकर रेखा में है, जिसका केन्द्र अण्डाकार धरातल पर रेखा के रूप में है। ऐसा इसलिए होता है कि प्रायः भूकम्प आन्तरिक हलचलों के कारण होते हैं जिनका भूकम्प केन्द्र ठीक कम्प-केन्द्र के अथवा स्तर भ्रंश क्षेत्र (zone of fracture) के ऊपर होता है।

भूकम्प के धक्कों की तीव्रता—भूकम्प के धक्कों की वास्तविक तीव्रता को निश्चित कर पाना बड़ा कठिन है, क्योंकि यह तरंगों के कोणांक (amplitude), त्वरण (acceleration), आवृत्ति

(frequency) एवं कई अन्य गणितीय बातों पर आधारित होती है। भूकम्प के झटकों की आभासी तीव्रता (apparent intensity) मकानों, छतों, पुलों एवं कारखानों आदि को होने वाली क्षति तथा भूमि पर मिट्टी और चट्टानों में होने वाले व्याघात से मालूम होती है। सामान्यतः दृढ़ एवं ठोस चट्टानों पर बने मकानों को भूकम्प से कम क्षति होती है। जो मकान कमजोर अवसादी चट्टानों अथवा ढीली बालू या काँप भूमि पर खड़े किये जाते हैं उन्हें भारी आघात पहुँचता है। फिर भूकम्प द्वारा विनाश अधि-केन्द्र (epicentre) के निकट अधिक और अधि-केन्द्र से दूर कम होता है। इसके अतिरिक्त धक्कों की तीव्रता उसके मूल आघात की प्रचण्डता, भूमि तल पर भूकम्प लहरों के पहुँचने के कोण तथा धरातल पर स्थान विशेष की कम्प-केन्द्र (focus) से दूरी आदि बातों पर निर्भर करती है। सामान्यतः गहराई से आने वाले धक्को से कम हानि होती है जबकि कम गहराई से उठने वाले झटके भारी विनाश करते हैं। प्रायः भारी भूकम्प मकानों, छतों, महराबों एवं बहुमजिले भवनों पर कम्पन का प्रहार अधिक तीव्र होता है जबकि एक-मजिले और हल्के छोटे मकानों पर कम्पन का प्रभाव बहुत कम हो पाता है।

भूकम्प द्वारा की गयी हानि को मापने के लिए जो पैमाना स्थिर किया गया है, उसे **मरकेली पैमाना** (Mercalli Scale) कहते हैं। इसका विवरण नीचे दिया जा रहा है ¹

पैमाना

विवरण

1. भूकम्प का आना बहुत ही कम व्यक्तियों को ज्ञात होता है।
2. ऊपर की मंजिल में आराम करते हुए व्यक्तियों को कुछ हल्का कम्पन मालूम होता है। झूलते हुए पदार्थ फिरने लगते हैं।
3. प्रायः पहली मंजिल के फर्शों पर कम्पन मालूम होता है। मोटर-ट्रक के आने की-सी आवाज होती है।
4. व्यक्ति को दिन के समय घर के अन्दर अधिक कम्पन महसूस होता है। रात के समय कम्पन से कुछ व्यक्ति जग जाते हैं। मकानों की खिड़कियाँ और दरवाजे जोर-जोर से हिलने लगते हैं। दीवारों पर घराहट की आवाज करती है और ऐसा ज्ञात होता है मानो कोई भारी ट्रक मकान से टकरा गया हो।
5. कम्पन का प्रभाव सभी व्यक्तियों द्वारा अनुभव किया जाता है। कई भवनों की दीवारों का चूना गिरने लगता है। अस्थायी पदार्थ गिर जाते हैं। खम्भे, पेड़ों और अन्य ऊँचे भवनों का गिरना तथा दीवार घड़ियों का चलना बन्द हो जाता है।
6. सभी लोग कम्पन का सार्वभौमिक प्रभाव महसूस करते हैं। बहुत-से डर के मारे मकानों से बाहर दौड़ने लगते हैं। भारी फर्नीचर हिलने लगता है तथा मकानों की चिमनियाँ आदि गिर पड़ती हैं। मकानों को हल्का नुकसान होता है।
7. सभी व्यक्ति डर के मारे बाहर दौड़ते हैं। बनावट के अनुसार भिन्न-भिन्न प्रकार के भवनों को कम-ज्यादा हानि होती है।
8. मकानों आदि को अत्यधिक हानि होना। दीवारों, खम्भों, चिमनियों और मेहराबों आदि का गिरना, भारी फर्नीचर का लुढ़क जाना। भू-गर्भ में से कीचड़ और बालू के फुहारों का छूटना। कुओं के जल में परिवर्तन हो जाना।
9. विशेष प्रकार से बने भवनों को भारी क्षति, कई मकानों का धराशायी हो जाना। मकानों की नींवों का हिलना और खिसककर पृथ्वी का फट जाना।

¹ A. Holms : *Principles of Physical Geology*, p. 363

10. कई मकानों का नीव-सहित गिर जाना । भू-पटल पर गहरी दरारे पड़ना । रेलमार्गों का मुड़ जाना । नदियों के किनारों की भूमि का टूट-टूट कर गिरना तथा बालू और कीचड़ का उछाला जाना ।
11. कुछ ही भवन स्थिर रह पाते हैं । पुल नष्ट हो जाते हैं । भूमि में चौड़े और गहरे गड्ढे बन जाते हैं । पानी के नल टूट जाते हैं । मुलायम भूमि में बड़े-बड़े ढोको का गिरना । रेलमार्गों में अधिक मुड़ाव ।
12. सम्पूर्ण हानि । धरातल पर लहरो का प्रत्यक्ष अनुभव । सभी पदार्थों का हवा में उठना और पुनः धरातल पर गिर पड़ना ।

उपरोक्त पैमाने के अनुसार क्षेत्र विशेष की हानि का अनुमान लगाकर इसको मानचित्र में अंकित कर एकसी हानि वाले स्थानों को भिन्न-भिन्न रेखाओं द्वारा मिला दिया जाता है ।

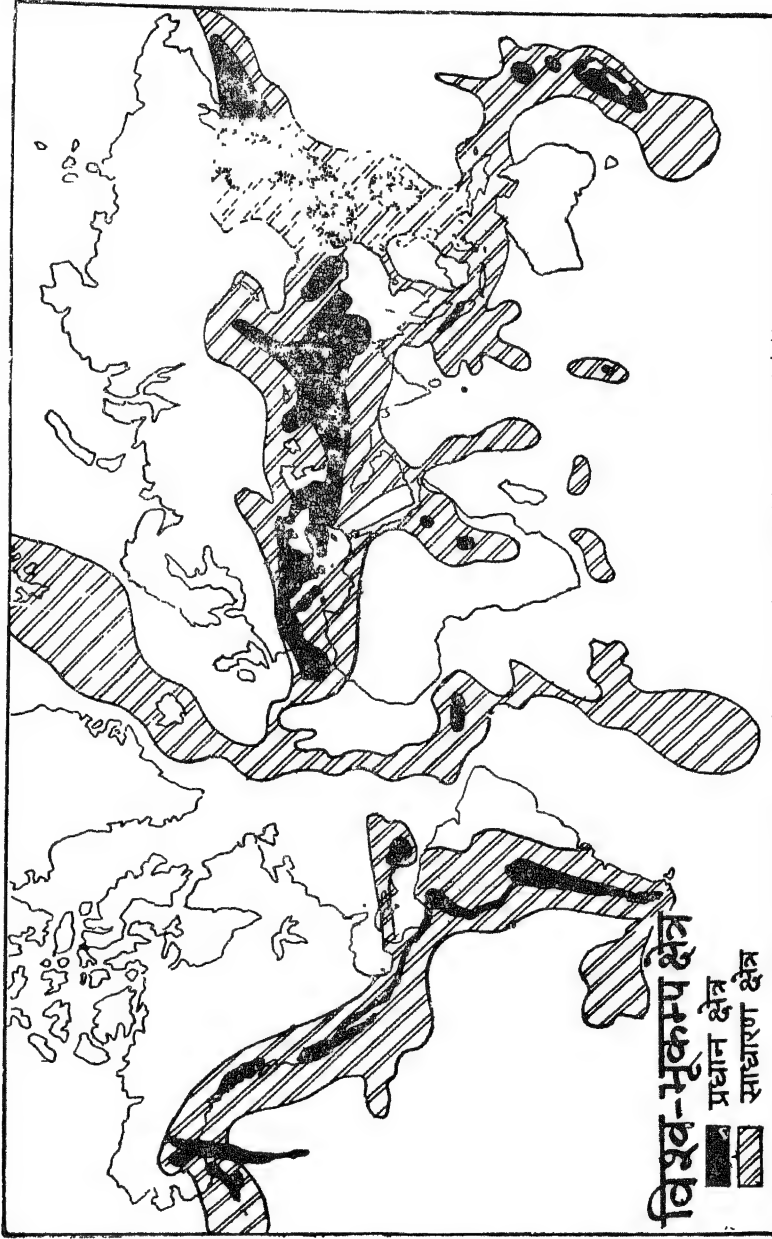
संसार के भूकम्प क्षेत्र

भूकम्पों के सम्बन्ध में खोज करने पर यह प्रतीत हुआ है कि धरातल के कुछ विशेष भागों में ही भूकम्पों के आघात अधिक होते हैं । जिस प्रकार ज्वालामुखियों का विस्तार धरातल के कुछ विशेष भागों में है उसी प्रकार भूकम्पों का प्रकोप भी कुछ विशेष क्षेत्रों तक सीमित है । संसार के भूकम्प-मानचित्र को देखने से प्रतीत होता है कि इसका सम्बन्ध धरातल के वलित पर्वतों, ज्वालामुखियों एवं समुद्रतटों से विशेष रूप से है । भूकम्प के क्षेत्र और ज्वालामुखी क्षेत्र धरातल के कुछ भागों में समस्थलीय हैं । कुछ भागों में इन दोनों में इतना अधिक अन्तर पाया जाता है कि भूकम्पों का ज्वालामुखियों से किसी प्रकार का सरल सम्बन्ध स्थापित करना उचित नहीं प्रतीत होता । प्रसिद्ध भूकम्पविद् काउण्ट डी मांटेसस डी ब्रैलोर ने संसारव्यापी भूकम्पों का अध्ययन कर यह निष्कर्ष निकाला है कि “अधिकांश भूकम्प नवीन वलित पर्वतों के सहारे फैले हुए अस्थिर प्रदेशों अथवा उन भागों में जहाँ स्थलाकृति के उच्चावचन (relief) में भारी अन्तर पाया जाता है, आते हैं ।” डटन (Dutton) ने उपरोक्त मत का समर्थन करते हुए कई प्रमाण प्रस्तुत किये हैं । उसने बताया है कि पूर्वी एवं पश्चिमी द्वीपसमूह जहाँ द्वा द्वीप और दो महासागरीय द्रोणियाँ मिलती हैं, भूकम्पों के विशिष्ट क्षेत्र हैं । इसी प्रकार एल्यूसियन द्वीपमाला के पूर्व की ओर का भाग संसार के प्रमुख भूकम्प प्रजनन क्षेत्रों में से एक है ।¹ वस्तुतः संसार के जिन प्रदेशों में विशिष्ट भू-गर्भिक अवस्थाएँ पायी जाती हैं वे ही भूकम्पों से अधिक प्रभावित होते हैं । संसार में भूकम्पों की प्रमुख पेटियाँ निम्न हैं :

(1) प्रशान्त महासागर की तटीय पेटि—इस पेटि में प्रशान्त महासागर के चारों ओर के समुद्रतटीय भाग सम्मिलित हैं । यह ज्वालामुखी क्षेत्रों की मुख्य पेटि है । ज्वालामुखी विस्फोटों के कारण इसमें बहुधा भूकम्प आया करते हैं । इस पेटि में संसार के लगभग 63% भूकम्प आते हैं । यहाँ अधिकांश भूकम्प जापान, अलास्का, कैलिफोर्निया, मेक्सिको व चिली में आया करते हैं । जापान में तो भूकम्प इतने अधिक आते रहते हैं कि टोकियो आदि शहरों में प्रायः भूकम्प के बारे में लोग प्रतिदिन उसी प्रकार चर्चा करते रहते हैं जैसे हम अपने देश में मौसम के बारे में चर्चा करते हैं । ऐसा अनुमान लगाया गया है कि सत्रहवीं शताब्दी से तो प्रत्येक 2½ वर्ष में जापान में औसत रूप से एक बड़ा भूकम्प आ ही जाता है । पिछले 1500 वर्षों में अब तक वहाँ 223 विनाशकारी भूकम्प आ चुके हैं । जापान के विभिन्न भागों में आने वाले भूकम्पों का वार्षिक औसत

¹ C. S. Fox : *Physical Geography for Indian Students*, p. 244

1500 तक आता है अर्थात् प्रतिदिन लगभग 4 भूकम्प आते हैं।¹ टोकियो में तो बड़ा भूकम्प प्रति तीसरे दिन आना माना गया है।²



चित्र 405—संसार के भूकम्प क्षेत्र

(2) मध्यवर्ती पेटी—यह पेटी यूरेशिया महाद्वीप के बीच नवीन वलित पर्वतों के सहारे पूर्व से पश्चिम को फैली हुई है। पिरिनीज, आल्प्स, काकेशस और हिमालय पर्वत-श्रेणियाँ इसी

¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geography*, p. 290

² Tarr and Martin : *College Physiography*, p. 422

पैटी में आती हैं। यहाँ बहुधा स्तर-भ्रंश एवं सन्तुलन की क्रिया के कारण भूकम्प आते हैं। संसार के 21 प्रतिशत भूकम्प इसी भाग में आते हैं। इसी पैटी की एक शाखा मध्य अन्ध महासागरीय तट पर विस्तृत है और दूसरी शाखा जोर्डन की घाटी से होती हुई पूर्वी अफ्रीका के भ्रंशघाटी क्षेत्र तक फैली हुई है। इसकी एक शाखा अरब प्रायद्वीप में होती हुई हिन्द महासागर में चली गयी है।

(3) भूकम्प शून्य क्षेत्र—भूकम्प के क्षेत्र वास्तव में उन स्थानों के द्योतक हैं जहाँ बहुधा भूकम्प आते रहते हैं, परन्तु इसके अपवादस्वरूप ऐसे स्थान भी हैं जो इन क्षेत्रों के बाहर हैं। इन भागों में कभी सौ-दो सौ वर्षों में भूकम्प का साधारण आघात हो जाता है। अतः ये भूकम्पों से अप्रभावित क्षेत्र कहलाते हैं। उदाहरणतः, सन् 1929 में न्यू इंग्लैण्ड और नोवास्कोसिया के बीच केबट जल-सन्धि में भूकम्प के तीव्र आघात लगे थे। इस प्रकार सन् 1935 में हेलेना व मोण्टाना के निकट भूकम्प के प्रचण्ड धक्के अनुभव किये गये थे। कठोर चट्टानों से बने हुए विश्व के अति प्राचीन भू-भाग भूकम्पों से प्रायः अप्रभावित रहते हैं। भारत में दक्षिण का पठार, ब्राजील का पठार, कनाडा एवं उत्तरी रूस आदि ऐसे ही क्षेत्र हैं। ये सब प्राचीन गोंडवाना भूमि, अगारा भूमि और लारेंशिया भूमि के अंश हैं। इन क्षेत्रों का सन्तुलन स्थिर हो चुका है। फिर पृथ्वी का कोई भी भाग पूर्णरूप से भूकम्प से अप्रभावित नहीं कहा जा सकता।¹

संसार के कुछ प्रमुख भूकम्पों का विवरण

(1) लिस्बन भूकम्प—लिस्बन नगर में सन् 1755 में एक महाप्रचण्ड भूकम्प आया, जिसने 6 मिनट के अल्पकाल में उस महानगरी को मटिया-मेट कर डाला था। 60,000 मनुष्यों से भी अधिक इस भूकम्प की भेंट चढ़ गये। नगर के पास की पर्वत-शृंखलाओं के शिखर खण्ड-खण्ड होकर नीचे घाटियों में ढलक पड़े और पर्वत-शृंखलाएँ चौड़ी-चौड़ी दरारों से भर गयी। भूकम्प से आतंकित सहस्रों नर-नारियों ने समुद्रतट पर सगमरमर के बने एक चौड़े घाट पर शरण ली, परन्तु दुर्भाग्य ने उनका पीछा वहाँ भी न छोड़ा। क्षण भर में सहस्रों लोगों को लिये हुए यह विशाल घाट जल में इस प्रकार विलुप्त हो गया कि एक भी शव तैरना हुआ दिखाई न दिया। समस्त यूरोप से चार गुने अधिक विस्तार के क्षेत्रफल में इस भूकम्प का प्रबल धक्का लगा।

लिस्बन के निकट भूकम्प-काल में, सागर में एक विशेष खलबली मची और फलतः एक अति वेगवती दैत्याकार तरंग उठकर भूकम्प के कुछ क्षण उपरान्त ही 20 गज ऊँची पानी की भित्ति के रूप में तट से भीषण रूप से टकरायी। दैत्याकार तरंग के वेग में पड़े सैकड़ों जलयान, नौकाएँ और बजरे भूमि पर ला पटके गये। जब यह तरंग लौटने लगी तब वह अगणित नर-नारियों को अपने साथ वहा ले गयी। केवल लिस्बन नगर में ही नहीं, इस प्रकार की तरंगों का उत्पात ग्रेट ब्रिटेन, आयरलैण्ड और पश्चिमी द्वीपसमूह के तटों पर भी भीषण रूप से हुआ। आयरलैण्ड के किसेल नामक स्थान पर सागर का जल बन्दरगाह में इस वेग से बढ़ा कि घाट को पार करके शहर के भीतर हाट तक फैल गया। अनेक जलयानों, नौकाओं और बजरों को क्षति पहुँची। पश्चिमी द्वीपों के तट पर साधारणतः ज्वार के वेग के कारण 2 फुट ऊँची तरंग आती है। परन्तु इस भूकम्प के धक्के से सहसा 20 फुट ऊँची ज्वार-तरंग भयंकर काले दैत्य के रूप में तट पर चढ़ आयी। इस भूकम्प के प्रभाव से अमरीका की झीलों तक में ज्वार उत्पन्न हुआ।

(2) कालाब्रियन भूकम्प—इटली के कालाब्रियन प्रायद्वीप में फरवरी 1883 से दिसम्बर 1886 तक भूकम्प के कई आघात लगे। सिसली टापू के मेस्सीना नगर में इन भूकम्पों का विशेष प्रभाव हुआ। कहा जाता है कि भूकम्प के प्रथम आघात से ही 2 मिनट के समय में कालाब्रिया

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 86

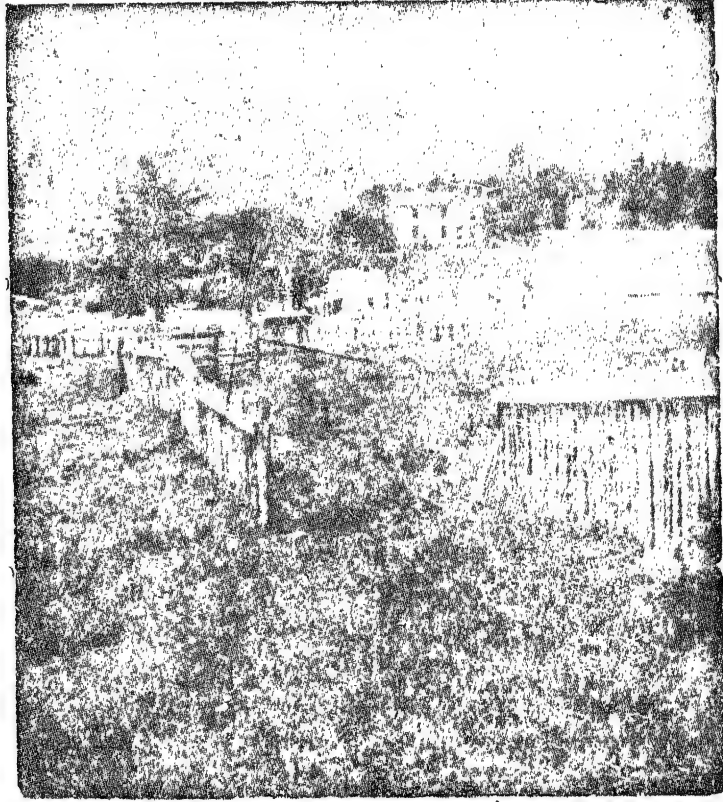
अट्टा में एपिनाइन्स के पश्चिमी पार्श्व से लेकर मेस्सीना नगर तक जितने भी गाँव, कस्बे और नगर थे सब मटिया-नेट हो गये। बड़ी-बड़ी सभी अट्टालिकाएँ धूल-धूसरित हो गयी और भूमि विचित्र रूप से ऊँची-नीची हो गयी। इसके 6 सप्ताह उपरान्त ही एक दूसरा भूकम्प आया और उसके प्रभाव से कालाब्रिया की ग्रेनाइट पाषाण-श्रेणियों में नौ-दस मील लम्बा एक गर्त उत्पन्न हो गया। जल की भाँति ही धरातल भी लहराता दिखाई देता था। राजमार्ग में बिथे पाषाण-खण्ड उलट-पुलट हो गये। कुछ इमारतों के आधे भाग धँस गये थे और आधे ज्यों के त्यों लटके रह गये थे। स्थान-स्थान पर रन्ध्र तो केवल क्षण-भर के लिए खुले और मकानों, पशुओं तथा मनुष्यों को हडपकर फिर तुरन्त बन्द हो गये। मानो किसी दानव ने भक्षण के लिए मुँह खोलकर फिर बन्द कर लिया हो। इससे भी विचित्र दृश्यों का अभाव न था। एक-दो स्थानों पर होने वाले रन्ध्रों में समा गये मनुष्य क्षण भर में फिर बाहर फेंक दिये गये और सो भी एकदम अक्षतावस्था में। एक गज व्यास के अगणित छोटे गर्तों की स्थान-स्थान पर रचना हो गयी जिनसे बालू, जल और कीचड़ उफनता था। नदियों के मार्ग अवरुद्ध हो जाने से स्थान-स्थान पर झीलें और सरोवर की रचना हो गयी, जिनकी संख्या लगभग 215 थी। इनमें से एक झील का विस्तार तो दो मील लम्बी और एक मील चौड़ी भूमि में था। एक स्थान पर जैतून के वृक्षों की एक सम्पूर्ण बाटिका सैकड़ों फुट नीची घाटी में खिसक गयी। फिर भी अगले वर्ष इन वृक्षों पर अच्छी फसल निकली। एक समूचा घर गृहवासियों सहित 200 फुट नीचे खन्दक में चला गया और आश्चर्य की बात यह भी कि किसी पर तनिक भी आँच न आयी—न घर को और न मनुष्यों को। इसी प्रकार पोलिस्टना नगर का अधिकांश भाग नदी पार आधा मील दूर खिसक गया। पीछे भग्नावशेष खोजने पर उसमें अनेक नगर-निवासी जीवित पाये गये। भूमि का रूप इस प्रकार उलट-पुलट हो गया कि वहाँ की सरकार को लोगों की जमीन-जायदाद की सीमा निर्धारित करने के लिए 10 लाख एकड़ भूमि की नये सिरे से पैमाइश करानी पड़ी थी।

(3) **चिली का भूकम्प**—सन् 1822 में भूकम्प के आघात से चिली प्रदेश की समुद्रतट की जलमग्न भूमि स्थायी रूप से ऊँची हो गयी। 1,00,000 वर्गमील भूमि सागर से निकलकर स्थल में सम्मिलित हो गयी। सुप्रसिद्ध भूतत्त्ववेत्ता **लियल** ने इस भू-खण्ड का आयतन 57 घन मील आँका था, अर्थात् 'महान् पिरामिड' से 1,00,000 गुना अधिक।

(4) **मिसिसिपी घाटी का भूकम्प**—मिसिसिपी नदी की घाटी में 1811-12 ई० में अनेक बार प्रबल भूकम्पों के आघात हुए। उन दिनों यदि उस स्थल की जनसंख्या आजकल-सी घनी होती तो जन-हानि का वारापार न होता। भूकम्प के आघातों से धरती में इतनी अधिक रन्ध्रें उत्पन्न होती थीं कि लोग वृक्ष काट-काटकर धरती पर बिछा देते थे जिससे दरारों को पार करने में वृक्षों के तने पुल का काम दे।

(5) **कैलिफोर्निया का भूकम्प**—यह भूकम्प 18 अप्रैल, 1906 को कैलिफोर्निया और उसके समीपवर्ती भागों में आया था। यह विवर्तनिक भूकम्प का एक उत्कृष्ट उदाहरण है। संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी तट के सहारे दक्षिण से उत्तर-पश्चिम दिशा को लगभग 400 मील लम्बा एक विशाल सैन एण्ड्रियाज भ्रंश फैला हुआ है। इस भ्रंशन के सहारे अप्रैल 1906 में आकस्मिक रूप से क्षैतिज गति प्रारम्भ हुई, उसी से यह भूकम्प उत्पन्न हुआ। इस भूकम्प का कोई एक केन्द्र नहीं था, बल्कि इसका केन्द्र भ्रंशन के सहारे 190 मील की लम्बाई में एक रेखा के रूप में वर्तमान था। इसकी गहराई लगभग 3 मील थी। इस भूकम्प के समय भ्रंश रेखा के सहारे एक भू-खण्ड 8 फुट से 20 फुट तक उत्तर-पूर्व को खिसक गया। साथ ही एक भू-खण्ड 4 फुट अधिक ऊँचा हो गया। यद्यपि इस भूकम्प का झटका एक मिनट भी नहीं रहा फिर भी सैनफ्रांसिस्को नगर और कैलिफोर्निया के तटवर्ती भागों में इससे भारी विनाश हुआ। भूकम्प के धक्कों के बाद

सैनफ्रांसिस्को नगर में आग लग गयी। चूँकि भूमि में दरारें पड़ जाने से सड़कें, बिजली के तार, पानी के नल आदि सभी कट गये थे, इसलिए आग को बुझाने के लिए जल प्राप्त नहीं हो सका और एक-चौथाई सैनफ्रांसिस्को नगर जलकर भस्म हो गया। संयुक्त राज्य अमरीका के इतिहास का यह सबसे विनाशक भूकम्प था।



चित्र 406—भूकम्प के कारण क्षैतिज विस्थापन

(6) टोकियो भूकम्प—यह भूकम्प जापान की राजधानी टोकियो में 1 सितम्बर, 1923 को आया था। यह आधुनिक समय का सर्वाधिक भयंकर और महाविनाशक भूकम्प था। इस भूकम्प की उत्पत्ति सगामी खाड़ी के निकट 1800 फुट लम्बी एक विशाल दरार पड़ जाने के कारण हुई थी। इस प्रचण्ड भू-गर्भिक हलचल के कारण खाड़ी के सिरे की ओर का भाग ऊपर उठ गया। इस भूकम्प का सबसे बड़ा धक्का 1 सितम्बर को लगा जो कुछ ही सैकिण्ड ठहरा था किन्तु इस अल्प अवधि में ही इसने 1,40,000 लोगों को मौत के मुँह में पहुँचा दिया। इस भूकम्प के बाद धक्कों का क्रम चार दिनों तक बराबर लगा रहा। चार दिनों में कोई 936 धक्कों का अभिलेख किया गया था। भूकम्प के इन धक्कों से टोकियो नगर में जो आग फैली उसने रही सही कमी पूरी कर दी। समस्त नगर धू-धू करके आग की लपटों में जलने लगा जिससे मकान, खेत, कारखाने आदि सभी जलकर भस्म हो गये। अनुमान है कि इस भूकम्प से 2½ बिलियन डालर की हानि हुई थी।¹

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 86

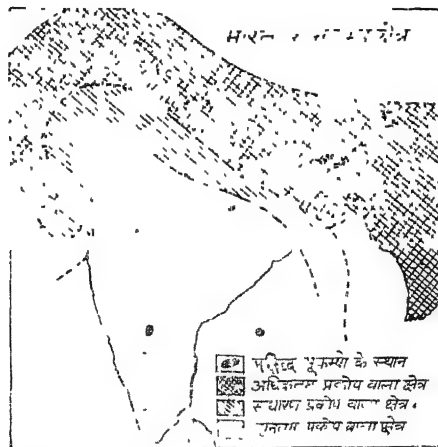
भारत के भूकम्प क्षेत्र (Earthquake Zones of India)

भू-तात्त्विक दृष्टि से भारत के सभी भाग एकसमान नहीं हैं। कुछ भाग अति प्राचीन और स्थिर अवस्था में हैं जबकि कुछ भाग नवीन और अस्थिर दशा में हैं। अतः भारत के कई भागों में जब-तब भूकम्प का अनुभव किया जाता है। अनुमान है कि प्रति 9 वर्षों में एक बड़ा भूकम्प आ जाता है। यों छोटे-छोटे हल्के भूकम्प तो कई बार आ जाते हैं।

भारत के भूकम्प क्षेत्रों का देश के प्रमुख प्राकृतिक भागों से घनिष्ठ सम्बन्ध है। रचना के अनुसार भारत के मुख्य प्राकृतिक भागों के आधार पर देश को तीन भूकम्प क्षेत्रों में बाँटा जा सकता है :

- (1) हिमालय प्रदेश (The Himalayan Region),
- (2) उत्तरी मैदान (The Great Northern Plain),
- (3) दक्षिण का पठार (The Deccan Plateaus)।

(1) हिमालय प्रदेशीय भूकम्प क्षेत्र—भू-रचना की दृष्टि से यह हमारे देश का एक नवीन भाग है। यह अभी भी अपनी निर्माण की अवस्था में है। अतः भू-सन्तुलन की दृष्टि से यह एक अस्थिर क्षेत्र है। दूसरे शब्दों में यह बड़ा ही हलचल वाला क्षेत्र है, इस कारण इस क्षेत्र में सबसे अधिक भूकम्प आया करते हैं। भूकम्पों से विशेष प्रभावित होने से इस क्षेत्र को zone of maximum intensity कहा गया है। इस क्षेत्र में कई बार घातक भूकम्पों—कश्मीर (1885), काँगड़ा (1905), मुँगेर (1934), धुबरी (1930) तथा क्वेटा (1935)—का अनुभव किया जा चुका है।



चित्र 407—भारत के भूकम्प क्षेत्र

(2) उत्तरी मैदान का भूकम्प क्षेत्र—यह क्षेत्र हिमालय के दक्षिण में सिन्धु, गंगा और ब्रह्मपुत्र नदियों का मैदान है। यह उत्तरी पर्वतीय क्षेत्र के निकट स्थित है। इसलिए यहाँ अधिकांशतः संवेदात्मक भूकम्प आते हैं। इस मैदान की रचना असंगठित जलोढ़क मिट्टी से हुई है। हिमालय के निर्माण के समय सम्पीडन के फलस्वरूप इस मैदान में कई दरारे बन गये। अतः भू-गर्भीक हलचलों से यह प्रदेश शीघ्र कम्पित हो जाता है। हिमालय पर्वत के किनारे जो भूकम्प उत्पन्न होते हैं उनकी लहरों से मैदानी क्षेत्र प्रायः हिल उठता है। भारत के भू-गर्भशास्त्रियों के अनुसार इस भाग में एक तो तलछट की पुनः व्यवस्था के कारण और दूसरे भू-स्खलन के द्वारा भूकम्प आया करते हैं। सामान्यतः इस क्षेत्र में आने वाले भूकम्प कम प्रभावशाली होते हैं। इसी से इस क्षेत्र को सामान्य प्रभाव का क्षेत्र (zone of comparative intensity) कहा जाता है। इस क्षेत्र के भूकम्पों में दिल्ली (1720), कलकत्ता (1737), असम (1897), बंगाल (1885), उत्तरी बिहार (1934), कच्छ (1819) और दिल्ली (1956) विशेष उल्लेखनीय हैं।

(3) दक्षिण के पठार का भूकम्प क्षेत्र—यह भारत का सबसे प्राचीन और कठोर स्थल-खण्ड है। भू-सन्तुलन की दृष्टि से यह एक स्थिर भाग है। इसलिए इस क्षेत्र में बहुत ही कम भूकम्प आते हैं। भूकम्पों की दृष्टि से यह न्यूनतम प्रभाव का क्षेत्र (zone of minimum intensity)

है। इस क्षेत्र में कदाचित्त जो भूकम्प आते हैं वे बहुत ही सामान्य होते हैं। यहाँ प्रायः संवेदनात्मक भूकम्प ही आते हैं। किन्तु कोयना भूकम्प ने एक प्रश्न-चिन्ह खड़ा कर दिया है।

भारत में भूकम्पों का प्रादेशिक वितरण निम्न प्रकार है :

(1) उत्तरी-पूर्वी भारत (सिक्किम व नेपाल सहित)	31
(2) दक्षिणी भारत	2
(3) उत्तरी-पश्चिमी भारत (चित्रात व कश्मीर सहित)	21

भूकम्पों का उपरोक्त विवरण यह बताता है कि प्रायः जितने भी विनाशकारी भूकम्प आते हैं वे सब उत्तरी मैदान और निकटवर्ती पहाड़ी भाग में आते हैं।

भारत के कुछ प्रमुख भूकम्पों का विवरण

(1) 16 जून, 1819 का भूकम्प—यह भूकम्प कच्छ में आया था। यह बहुत ही प्रचण्ड भूकम्प था। इसका झटका समस्त भारत में अनुभव किया गया था। इस भूकम्प के कारण कच्छ में पूर्व-पश्चिम की दिशा में 80 मील लम्बी एक दरार बन गयी। इस दरार के उत्तर में भूमि 30 फुट ऊँची हो गयी और दक्षिण के भाग जलमग्न हो गये। उत्तरी भाग के ऊँचे उठ जाने से सिन्धु नदी की एक शाखा का मार्ग अवरुद्ध हो गया, जिससे एक बाँध बन गया। इस बाँध को अल्लाह बाँध (Dam of Allah) कहते हैं। दक्षिणी भाग के नीचे बैठ जाने से सिद्री का नगर और बन्दरगाह जलमग्न हो गया। कच्छ प्रायद्वीप पर कुछ काल के लिए बाढ़ आ गयी। इस भूकम्प से अहमदाबाद, भड़ौच, सुरत, पूना और भुज आदि नगरों को भारी क्षति पहुँची। भुज नगर तो पूरी तरह नष्ट हो गया और 2000 व्यक्ति मर गये। अहमदाबाद में 15वीं शताब्दी की प्रसिद्ध सुल्ताना मस्जिद धराशायी हो गयी। अन्य नगरों में भी इसी तरह काफी नुकसान हुआ।

(2) 26 अगस्त, 1833 का भूकम्प—यह भूकम्प बिहार में आया था। इसका विशेष प्रभाव उत्तरी बिहार पर पड़ा। नेपाल की राजधानी काठमांडू भी इससे प्रभावित हुए बिना न रही। काठमांडू में लगभग 100 घर गिर पड़े। उत्तरी बिहार के नगरों को भी इससे काफी क्षति हुई थी।

(3) 19 फरवरी, 1842 का भूकम्प—यह उत्तरी-पश्चिमी भारत में आया था। इसका केन्द्र जलालाबाद में था। इसलिए जलालाबाद और पेशावर नगरों को इससे हानि उठानी पड़ी। इसका प्रभाव काबुल से दिल्ली तक के क्षेत्र पर पड़ा था।

(4) 10 जनवरी, 1860 का भूकम्प—यह असम के कछार क्षेत्र में आया था। इस भूकम्प का केन्द्र शिलांग के पठार के उत्तर-पूर्व में था। इसका प्रभाव 2,50,000 वर्गमील क्षेत्र पर पड़ा। इससे भूमि में अनेक दरारे पड़ गये।

(5) 30 मई, 1885 का भूकम्प—इस भूकम्प का केन्द्र श्रीनगर के कुछ मील दूर पश्चिम की ओर था। इसका प्रभाव 1,10,000 वर्गमील क्षेत्र पर पड़ा। समस्त कश्मीर की घाटी इससे प्रभावित हुई। लगभग 3000 व्यक्ति इस भूकम्प से मारे गये।

(6) 20 दिसम्बर, 1892 का भूकम्प—यह एक विशाल भूकम्प था जो बलोचिस्तान में आया था। इसका प्रमुख कारण खोजक पर्वत के पश्चिमी ढाल के निकट एक लम्बी दरार का फट जाना माना गया। इससे रेलमार्ग बिलकुल मुड़ गया है। रेलमार्ग के पश्चिम की भूमि लगभग 1 फुट नीची हो गयी और पूर्व की ओर 2½ फुट आगे खिसक गयी।

(7) 12 जून, 1897 का असम का भूकम्प—यह ऐतिहासिक काल में आये भूकम्पों में बहुत ही भीषण था। इसका प्रभाव 17,50,000 वर्गमील से भी अधिक क्षेत्र पर पड़ा। इसका प्रमुख केन्द्र शिलांग के निकट था। यह केवल 2½ मिनट तक रहा, किन्तु इसने महाप्रलय उपस्थित कर दिया। इससे शिलांग, गौहाटी, नवगाँव, गोलपारा व सिलहट आदि नगरों में भारी उत्पात

हुआ व मकान गिर पड़े तथा हजारों व्यक्ति बे-घरबार हो गये। कलकत्ता में भी कई मकान गिर गये थे। असम में यातायात के सभी साधन नष्ट-भ्रष्ट हो गये। पहाड़ियों से सहस्रों पाषाण घाटियों में लुढ़क पड़े। कई स्थानों पर लम्बी-चौड़ी दरार पड़ गयीं, जिनसे जल और बालू की अपार राशि उफन-उफन कर बाहर निकलने लगी थी। भूमि पर ऐसे-ऐसे विचित्र ऊँचे-नीचे आकार बन गये थे जिन्हें देखकर यह विश्वास करना कठिन होता था कि सूक्ष्म अवधि में इतना महान परिवर्तन कैसे हो सकता है। इस भूकम्प के काफी समय बाद तक हल्के-हल्के धक्के बराबर आते रहे।

(8) 4 अप्रैल, 1905 का काँगड़ा का भूकम्प—यह एक बहुत ही विनाशक भूकम्प था जो काँगड़ा घाटी में 4 अप्रैल को आया था। इसका प्रभाव 16 लाख वर्गमील क्षेत्र में हुआ। इसकी उत्पत्ति हिमालय के विपरीत दरारों में काफी गहराई पर गतिशीलता होने के कारण हुई थी। यह भूकम्प सूर्योदय के पूर्व आया था, इसलिए 20 हजार व्यक्ति सोते के सोते ही रह गये। काँगड़ा, धर्मशाला एवं समीपवर्ती सभी गाँव इस भूकम्प से नष्ट हो गये।

(9) जनवरी, 1934 का बिहार का भूकम्प—यह भारतीय इतिहास के अत्यन्त भयानक भूकम्पों में से एक था। इसका प्रभाव नेपाल तथा उत्तरी बिहार के कोई 19 लाख वर्गमील क्षेत्र में हुआ था। इसकी उत्पत्ति मैदान के नीचे बनी दरारों के सहारे गतिशीलता उत्पन्न होने से हुई। प्रमुख केन्द्र एक मील लम्बी दरार थी जो मोतीहारी से सीतामढी होती हुई मधुबनी तक फैली हुई थी। इस भूकम्प से बिहार के मुँगेर, सीतामढी, पटना, मुजफ्फरपुर और मधुबनी नगरों को भारी क्षति पहुँची। पश्चिम बंगाल में दार्जिलिंग नगर और नेपाल के कई नगरों में भी इससे धन-जन की काफी क्षति हुई। इस भूकम्प में 10,000 व्यक्तियों को अपने प्राण गँवाने पड़े।

(10) 31 मई, 1935 का क्वेटा का भूकम्प—यह एक छिछला भूकम्प था, जिसका केन्द्र 68 मील लम्बी एक सँकरी पट्टी पर स्थित था जो क्वेटा से मास्तुग तक फैली हुई थी। यद्यपि इसका प्रभाव 1,00,000 वर्गमील क्षेत्र पर पड़ा किन्तु इसकी प्रचण्डता केन्द्र के निकट ही रही। क्वेटा नगर बुरी तरह नष्ट-भ्रष्ट हो गया। कोई 25,000 व्यक्तियों की क्वेटा में आहुति लग गयी।

(11) 15 अगस्त, 1950 का असम का भूकम्प—भारत में आने वाले भूकम्पों में यह वर्तमान समय का सबसे असाधारण भूकम्प था। इसकी उत्पत्ति तिब्बत और चीन की सीमा के निकट भू-गर्भ स्थित दरारों में हलचल के कारण हुई थी। इसका केन्द्र 29° उत्तरी अक्षांतर और 97° पूर्वी देशान्तर के ऊपर था। यह भूकम्प इतना उग्र था कि समस्त असम इससे हिल उठा। समस्त पूर्वी भारत में इसके धक्को को अनुभव किया गया। यद्यपि भूकम्प के धक्के 4 से 8 मिनट तक रहे किन्तु इस स्वतन्त्रता दिवस को असम में विनाश का जो ताण्डव प्रारम्भ हुआ वह बड़ा ही हृदय-विदारक था। असम के कई भागों में भूमि फट गयी, कई स्थानों पर भूमि नीचे बैठ गयी, नदियों के मार्ग अवरुद्ध हो गये जिससे भयंकर बाढ़ें आ गयी, रेल की पटरियाँ मुड़ गयी, पुल टूट गये, सड़के नष्ट हो गयी, चाय के बगीचे उजड़ गये, कृषि-भूमि बजर हो गयी, असंख्य मकान धराशायी हो गये और लगभग 500 व्यक्ति मौत के मुँह में चले गये। इस भूकम्प से विशेष हानि लखीमपुर, जोरहट, सिलसागढ़, डिब्रूगढ़, मिसमी और अमर की पहाड़ियों में हुई।

(12) 11 दिसम्बर, 1967 का कोयना का भूकम्प—यह पिछले 250 वर्षों में भारत में आने वाले आठ बड़े भूकम्पों में से एक है। पूना की वेधशाला के अनुसार यह भूकम्प 4 बजकर 22 मिनट पर आया। इसका उद्गम पूना से 150 किलोमीटर की दूरी पर कोयना नगर था। इस विनाशकारी भूकम्प की गूँज, गड़गड़ाहट और झटके लगभग 45 सैकण्ड तक अनुभव किये जाते रहे। अगले दिन भी सौ झटके आये। इस भूकम्प की प्रचण्डता इससे प्रकट है कि पूना वेधशाला के सर्वोत्तम भूकम्प-लेखी ने रिचटर स्केल पर 10 में से 7.5 चिह्न तक कांतिमान (magnitude) चिह्नित किये जो 4 बजकर 24 मिनट के आसपास इस क्षेत्र में उत्पन्न हुए।

इस भूकम्प ने समूचे दक्षिण-पश्चिम भारत को हिला डाला। इस विनाशकारी भूकम्प से कोयना नगर के 80 प्रतिशत मकान ढह गये, 200 व्यक्ति मर गये, 2000 से अधिक घायल हुए और 12,000 से अधिक लोग बे-घरबार हो गये। इस भूकम्प के तीव्र झटकों ने पूना, बम्बई, सूरत, पणजी, गोआ, हैदराबाद, उज्जैन, बगलौर, धारवाड़, मगलौर व बेलारी आदि नगरों को भी हिला डाला और उन्हें क्षति पहुँचायी।¹

इस भूकम्प ने भारत के समस्त वैज्ञानिकों का ध्यान अपनी ओर आकर्षित किया है। यह भूकम्प भारत के ऐसे क्षेत्र में आया जो भूकम्प से अप्रभावित क्षेत्र माना जाता है। दक्षिण का पठार संरचना की दृष्टि से कठोर एवं दृढ़ चट्टानों से बना हुआ है और बहुत ही सन्तुलित अवस्था में समझा जाता है। इस पठारी भाग पर ऐसा प्रचण्ड भूकम्प अब तक कभी नहीं आया। इसलिए वैज्ञानिकों के लिए इसने एक प्रश्न उपस्थित कर दिया है। भारत सरकार ने इसके कारणों की जाँच के लिए एक वैज्ञानिक दल नियुक्त किया है। कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार कोयना झील में पानी के भार से सन्तुलन बिगड़ गया, इसी से यह भूकम्प आया है। किन्तु अधिकांश वैज्ञानिकों ने इस कारण को अस्वीकार किया है। हैदराबाद के प्रसिद्ध भू-गर्भशास्त्री डा० हरिनारायण और डा० एम० एस० कृष्णन् के अनुसार पृथ्वी-तल के नीचे और ऊपर होने वाली उथल-पुथल से ही यह भूकम्प उत्पन्न हुआ।

भूकम्प का स्थलाकृति पर प्रभाव

(The Effects of Earthquakes on Topography)

यद्यपि भूकम्पों का स्थलाकृति पर अपेक्षाकृत कम प्रभाव होता है, फिर भी अनेक छोटे प्रभावों को स्पष्ट देखा जा सकता है। भूकम्प से प्रायः भू-स्खलन होता है। भूमि की ऊपरी मिट्टी में दरारें पड़ जाती हैं और वे ढह जाती हैं। छोटे ज्वालामुखी क्रेटर की भाँति भूमि पर छोटे वृत्ताकार गड्ढे बन जाते हैं। भूकम्प को जन्म देने वाले भ्रंशनों के समान्तर या आड़े रूप में असम्मिलित तिरकनें (cracks) बन जाती हैं। ये सब भू-आकार यद्यपि अपने आप में स्थलाकृति के कोई विशेष महत्वपूर्ण रूप नहीं है, किन्तु ये बाद में होने वाले अपरदन में बहुत योग देते हैं। भूमि के नीचे धँसने अथवा ऊपर उठने एवं भूमि में दरारें पड़ने से कई बार अपवाह व्यवस्था (drainage system) अस्त-व्यस्त हो जाती है। भूकम्प से होने वाले भू-स्खलन से नदियों के मार्ग अवरुद्ध हो जाते हैं और वह झील में बदल जाती हैं। कई बार भूमि के अन्दर चट्टानों की उथल-पुथल से स्थल पर नवीन झरने फूट पड़ते हैं।

भूकम्प क्षेत्रों में मानव-निर्मित इमारतें—भूकम्प क्षेत्रों के अपने पिछले अनुभवों के आधार पर इंजीनियरों तथा स्थापत्यकलाविदों ने विशाल भवन-निर्माण के सम्बन्ध में पर्याप्त ज्ञान प्राप्त कर लिया है। अतः अब ऐसी पद्धतियाँ निकाल ली गयी हैं जिससे मकान भूकम्प के धक्कों को सहन कर सके। कई पूर्वी देशों में भूकम्प के धक्कों से बचने के लिए हल्के बाँस के मकान बनाते हैं। किन्तु भीषण भूकम्प के समय वे मकान ठहर नहीं सकते। उनका निश्चित विनाश होता है। इसी भाँति हल्की ईंटों और सस्ते चूने द्वारा लापरवाही से बनाये गये मकानों के गिर पड़ने की सम्भावना रहती है। किन्तु भली प्रकार से बने हुए लकड़ी के मकान भूकम्प को अच्छी तरह सहन कर लेते हैं। सीमेण्ट, कंकरीट तथा इस्पात के ढाँचों पर बनाये गये मकान प्रायः भूकम्प के तीव्र झटकों को भी सहन कर जाते हैं। यदि सम्भव हो तो बड़ी-बड़ी इमारतों को ठोस चट्टानी आधार पर खड़ा किया जाना चाहिए। यदि कहीं मकानों का निर्माण बालू अथवा कमजोर चट्टानों के क्षेत्रों में करना आवश्यक हो तो उनकी नींव काफी गहरी ली जानी चाहिए और नींव को सीमेण्ट,

¹ शशि चौधरी : हिन्दुस्तान, 15 दिसम्बर, 1967

कंकरीट से भरा जाना चाहिए। भूकम्प-निरोधक भवनों की रचना में सबसे महत्वपूर्ण बात उसका लचीलापन है, ताकि वह भूकम्प के धक्कों को सरलता से झेल सके। भूकम्प क्षेत्रों में बनाये जाने वाले न केवल भवनों बल्कि बाँधों, पुलों, वाटर-पाइप, गन्दे पानी के नाले आदि सभी निर्माणों के ऊपर कुशल इंजीनियर सदैव उपरोक्त बातों का ध्यान रखते हैं।

भूकम्पों का मानव-जीवन पर प्रभाव—पृथ्वी को हम जन्म से ही स्थावर समझते आये हैं और उसकी अचलता का हमें पूरा-पूरा विश्वास होता है। पर जब वही अचल और स्थावर पृथ्वी जोरों से हिलने लगती है तब हमारा सारा ज्ञान और अनुभव क्षण भर में दूर हो जाता है। जब कोई अज्ञात शक्ति अनायास ही पृथ्वी को झकझोर देती है और अपना विनाशकारी कार्य आरम्भ कर देती है तो लोगों के होश-हवास गुम हो जाते हैं, यहाँ तक कि पशु-पक्षी भी बुरी तरह घबरा जाते हैं। कैरेकेस नगर के भीषण भूकम्प के उपरान्त बहुत से लोग पागल हो गये थे। अल्जीरिया के सन् 1856 वाले भूकम्प के समय बहुत-से वाचाल मनुष्य गूँगे हो गये थे और ब्रोसा के सन् 1855 वाले भूकम्प के समय बहुत-से लोगों का गठिया रोग स्वयं और अचानक अच्छा हो गया था। साधारणतः सभी पशु भूकम्प के समय एक-दूसरे के साथ सटकर काँपने लगते हैं और कुत्ते जोर-जोर से भौकने लगते हैं। एक बार एक भूकम्प के उपरान्त कोयल तथा दूसरे गाने वाले पक्षियों के मुँह से एक सप्ताह तक एक भी शब्द नहीं निकला।

भूकम्प के कारण जितने थोड़े समय में जितनी अधिक प्राण-हानि होती है उतने थोड़े समय में उतनी अधिक प्राण-हानि और किसी उपद्रव या दैवी प्रकोप के कारण नहीं होती। अर्जेंटाइना की राजधानी मेंडोजा के सारे मकान एक मिनट में गिरकर ढेर हो गये थे, जिनके नीचे 16,000 आदमी दब कर मरे। सन् 1783 में भूकम्प के कारण कैलेब्रिया में तीन सौ नगर और गाँव ढह गये थे। सन् 1505 में एक भूकम्प के कारण प्रायः सारा काबुल नष्ट हो गया था। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि मानव इतिहास के आरम्भ से लगाकर अब तक लगभग 150 लाख मनुष्य भूकम्पों के द्वारा हताहत होकर काल-कवलित हो गये हैं।¹

जिस समय भूकम्प आता है उस समय कहीं-कहीं पृथ्वी फट जाती है और उसमें दरारें पड़ जाती हैं। प्रायः सभी बड़े-बड़े भूकम्पों के समय पृथ्वी में बड़ी-बड़ी दरारें हो जाती हैं। ये दरारें कभी-कभी बहुत ही घातक होती हैं और उनके कारण मकानों तथा मनुष्यों आदि की बहुत हानि होती है। कभी-कभी भूकम्प के कारण पृथ्वी में से जहरीली गैसें और आग की लपटें भी निकलती हुई देखी जाती हैं।

जिन प्रदेशों में भूकम्प आता है उस प्रदेश की नदियों, सोतों, झीलों तथा जलाशयों में भी बड़ा ही विलक्षण परिवर्तन और क्षोभ होता है। भारी भूकम्प के समय जल में कभी-कभी लहरे उत्पन्न होती हैं और उनका पानी या तो बहुत बढ़ जाता है या बहुत घट जाता है। पृथ्वी में सदा ही बहुत निश्चित भाग में बहुत ही शक्तिशाली निःशब्द कम्प होता है। यह कम्प ठीक समुद्र की तरंगों के समान होता है। किन्तु ये तरंगें बहुत ही मन्द और गति इतनी नपी हुई और निश्चित होती हैं कि कई पीढ़ियों तक लोगों को उनका तथा उनके परिणाम का पता भी नहीं लगता। ये शक्तिशाली तरंगें पहाड़ों को नीचा कर देती हैं और समुद्र के तल को ऊँचा उठा देती हैं। लेकिन उनका यह सारा काम इतने अधिक समय में और इतना धीरे-धीरे होता है कि साधारणतः उससे किसी को तनिक भी हानि नहीं होती। पृथ्वी ठीक उसी प्रकार उठती और घँसती रहती है जिस प्रकार किसी लेटे हुए व्यक्ति के साँस लेने के समय उसकी छाती ऊपर-नीचे हिलती रहती है। सन् 1755 में लिस्बन में एक भीषण भूकम्प आया था। कहते हैं कि संसार का कोई

¹ G. Fletcher : *Earth Science*, p. 228

ऐसा भाग या अंश नहीं बचा जो इस भीषण भूकम्प के समय कुछ न कुछ हिला न हो, तथापि पूर्णरूप से यह भूकम्प सब मिलाकर 3300 मील लम्बे और 2000 मील चौड़े प्रदेश में अर्थात् सारी पृथ्वी के ग्यारहवें भाग में ही आया था। इस भूकम्प ने केवल सारे यूरोप को ही अच्छी तरह नहीं हिला डाला था बल्कि अमरीका और अफ्रीका के बहुत बड़े भाग को भी प्रभावित किया था। सारे यूरोप के अनेक नगरों के मकान भी गिर पड़े थे और नदियों में बड़ी-बड़ी लहरे उठने लगी थी। स्विट्जरलैण्ड में एक पहाड़ी पर एक सोता निकल आया था। प्रसिद्ध ज्वालामुखी विसूवियस जो उस समय आग उगल रहा था, शान्त हो गया और उसके अन्दर होने वाली भीषण गरज भी बन्द हो गयी। अनेक स्थानों पर समुद्र का पानी 8-10 फुट बढ़ गया। उसी समय मोरक्को की राजधानी के पास में रेगी स्थान के बीच में 10,000 व्यक्तियों की एक बस्ती पूरी की पूरी जमीन में समा गयी। ये सब उपद्रव और अनर्थ एक ही भूकम्प के कारण हुए थे।

हमारे देश में भी समय-समय पर भूकम्प के भारी आघात होते रहे हैं। इन आघातों के कारण देश में अवर्णनीय क्षति हुई है। सन् 1905 में काँगड़ा में जो भूकम्प आया उससे लगभग 2,00,000 व्यक्ति काल-कवलित हो गये। काँगड़ा के आस-पास के गाँव पूर्णतः नष्ट-भ्रष्ट हो गये। 15 जनवरी, 1934 में उत्तरी बिहार में भयंकर भूकम्प आया जिसका प्रभाव 19,00,000 मील तक हुआ। इस भूकम्प के द्वारा 10,000 व्यक्ति हताहत हो गये तथा लाखों बे-घरबार हो गये थे। साथ ही लाखों जानवर तथा इमारतें नष्ट हो गयीं। अभी 15 अगस्त, 1960 को असम के डिब्रूगढ़ जिले में जो भूकम्प आया उसके कारण हुई क्षति का अनुमान ही लोगों के दिलों को दहला देता है।

भूकम्प के उपरोक्त कार्यों को देखकर यह अनुमान लगा लेना गलत होगा कि उसका प्रभाव एकदम विनाशकारी होता है। भूकम्प से जहाँ विनाश होता है वहाँ निर्माण भी होता है। भूकम्प के आघातों द्वारा पृथ्वी पर कई बार पर्वतों, पठारों, झीलों तथा कई द्वीपों का निर्माण हो जाता है। भू-तल पर इन विभिन्न रूपों का मानव-जीवन के साथ घनिष्ठ सम्बन्ध है। ये मानव-जीवन को उपयोगी और सार्थक बनाने तथा पूर्णरूप से वातावरण के साथ योगायोग साधन में अभूतपूर्व सहयोग देते हैं। इसके विपरीत भूकम्प के द्वारा जब पृथ्वी में उद्वेग होता है तो पृथ्वी तल में छिपी हुई कई प्रकार की धातुएँ तथा उनसे युक्त चट्टानें धरातल के समीप आ जाती हैं। ये ही बाद में सुगमतापूर्वक खोदी जाकर उपयोग में लायी जाती हैं। बड़े-बड़े भूकम्पों के साथ कभी-कभी बड़े वेग से लावा बहने लगता है। यद्यपि प्रारम्भ में लावा का बहाव बड़ा हानिकारक सिद्ध होता है, परन्तु बाद में वही लावा उपजाऊ मिट्टी को जन्म देता है। दक्षिणी भारत में पायी जाने वाली काली मिट्टी का जन्म प्राचीन समय में इसी प्रकार हुआ था। भूकम्प के द्वारा पृथ्वी सदा कहीं उभरती और कहीं नीची दिखाई देती है। इस क्रिया के द्वारा पृथ्वी का धरातल कभी भी सम नहीं रहता। इस प्रकार कहीं पहाड़ उभर आते हैं तो कहीं खाड़ियों और झीलों का निर्माण हो जाता है। पहाड़ आदि वाष्प-युक्त पवनों को रोककर वर्षा होने में योग देते हैं और झीलों तथा खाड़ियाँ मछली मारने तथा नावें चलाने के उपयोग में आती हैं। मछली उद्योग तथा जहाजरानी का आज के आर्थिक ढाँचे में क्या स्थान है, यह हम सब भली प्रकार जानते हैं।

इस प्रकार भूकम्प का अध्ययन जहाँ हमें मानव प्रयत्नों की निस्सारता और जीवन की क्षण-भंगुरता का पाठ पढ़ाता है वहाँ यह मनुष्य के चारों ओर फैले प्राकृतिक वातावरण में नित्य नवीन परिवर्तन कर भूगोल के अध्ययन को चिर-नूतनता प्रदान करता है।

36

प्रमुख स्थल रूप—मैदान एवं पठार (MAJOR LANDFORMS—PLAINS AND PLATEAUS)

भू-आकारों का वर्गीकरण (Classification of Relief Features)

हम जानते हैं कि पृथ्वी का धरातल साधारण ग्लोब की भाँति समतल (smooth) नहीं है। इसके ऊपर एक ओर विशाल ऊँचे पर्वत खड़े हैं तो दूसरी ओर अतल गहरी द्रोणियाँ हैं। इस प्रकार धरातल पर बहुत बड़ी विषमता विद्यमान है। किन्तु यदि हम पृथ्वी को थोड़ी अधिक दूरी से देखे, मानलो चन्द्रमा से, तो विशाल पृथ्वी की तुलना में उसके धरातल की विषमताएँ बहुत ही छोटी दिखाई पड़ेंगी। अतः पृथ्वी के भू-आकारों के वर्गीकरण में सन्दर्भ (perspective) ही सबसे महत्वपूर्ण तत्त्व है।

यदि हम स्थलमण्डल के धरातल का वास्तविक रूप समझना चाहें तो हमें ऐसे स्थलमण्डल की कल्पना करनी चाहिए जो जल, हिम तथा वनस्पति-विहीन हो। ऐसी नग्न अवस्था में स्थलमण्डल पर विभिन्न प्रकार के छोटे-बड़े असंख्य भू-आकार दिखाई पड़ेंगे। प्रथम दृष्टि में ये सब भू-आकार बिना किसी क्रम अथवा व्यवस्था के जान पड़ेंगे। किन्तु यदि हम उन सबको उनकी उत्पत्ति एवं सन्दर्भ के आधार पर समझने की चेष्टा करें तो हमें उनके वितरण में कुछ व्यवस्था दिखाई पड़ेंगी। स्पष्ट ही स्थलमण्डल के किसी विशेष भाग को भू-आकार कहने के लिए उसमें निम्न विशेषताएँ होनी चाहिए :

- (1) इसका धरातल अन्य भू-आकारों से पूर्णतः भिन्न होना चाहिए।
- (2) इसकी चट्टानों की बनावट तथा इसकी साधारण रचना स्पष्ट और प्रधान होनी चाहिए।
- (3) यह इतना प्रत्यक्ष होना चाहिए कि उसे भौतिक घटना सम्बन्धी शास्त्र की किसी भी व्याख्या में सम्मिलित किया जा सके।

उपरोक्त सभी बातों पर विचार कर स्थलमण्डल के भू-आकारों को निम्न तीन श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है—(क) प्रथम श्रेणी के भू-आकार, (ख) द्वितीय श्रेणी के भू-आकार, और (ग) तृतीय श्रेणी के भू-आकार।

प्रथम श्रेणी के भू-आकार (Relief Features of the First Order)

पृथ्वी के जल और स्थल के धरातल का कुल क्षेत्रफल लगभग 19,70,00,000 वर्ग-मील है। इसमें से विष्वव्यापी समुद्र—अन्ध महासागर, प्रशान्त महासागर, हिन्द महासागर और उत्तरी ध्रुव एवं दक्षिणी ध्रुव महासागर—कुल स्थलमण्डल का 14,10,00,000 वर्गमील क्षेत्र

बेरे हुए हैं। वर्तमान में इन महासागरों में इतना अधिक जल है कि उसमें न केवल विशाल द्रोणियाँ (basins) ही भरी हुई हैं, बल्कि महाद्वीपीय पठारों के लगभग 1,00,00,000 वर्गमील भाग को भी ढक रखा है।¹

महासागरीय द्रोणियाँ (Ocean Basins)—ये स्थलमण्डल के धरातल के निम्नजित भाग हैं। ये द्रोणियाँ अपेक्षाकृत बहुत ही छोटे महाद्वीपीय पठारों के बीच स्थित हैं। इनका कुल क्षेत्रफल लगभग 13,10,00,000 वर्गमील है। इस प्रकार ये द्रोणियाँ वर्तमान महासागरों से करीब 1,00,00,000 वर्गमील छोटी हैं।

महासागरीय द्रोणियों के तल की औसत गहराई समुद्र-तल से लगभग 2.6 मील है। इन द्रोणियों के तल की स्थलाकृति बहुत ही ऊँची-नीची है। महासागरीय तल के ऊपर कई स्थानों पर विशाल गर्त हैं जिनकी गहराई सभी महासागरीय द्रोणियों की औसत गहराई से बहुत अधिक है। इन गर्तों के विपरीत महासागरीय तल के जो दूसरे भाग हैं उनकी ऊँचाई समुद्र-तल की ओर क्रमिक रूप से अथवा आकस्मिक रूप से बढ़ती है। यदि हम महासागरों के एक बड़े प्राकृतिक नक्शे के द्वारा उनका ध्यानपूर्वक अध्ययन करें तो हमें स्पष्ट विदित हो जायेगा कि महासागरीय तल कितना असम्मित (irregular) है। महासागरों के विशाल आकार-प्रकार और उनकी अतल गहराई के कारण महासागरीय द्रोणियों की स्थलाकृति के सम्बन्ध में यद्यपि हमारा ज्ञान पूर्ण नहीं है फिर भी आधुनिक सर्वेक्षणों से इतना तो निश्चित हो गया है कि महासागरीय तल भी वैसा ही ऊँचा-नीचा है जैसा कि स्थल। इसके ऊपर भी ऊँचे-ऊँचे पर्वत हैं, श्रेणियाँ हैं, विशाल मैदान हैं, पठार हैं, खड़े ढाल हैं और छोटे-छोटे अनेक गर्त हैं।

महाद्वीपीय पठार (Continental Platforms)—उत्तरी अमरीका, दक्षिणी अमरीका, यूरेशिया, अफ्रीका, आस्ट्रेलिया और अण्टार्कटिका के महाद्वीपीय पठार स्थलमण्डल के धरातल के बहुत ही ऊँचे उठे हुए भाग हैं। इन महाद्वीपीय पठारों का क्षेत्रफल लगभग 6,60,00,000 वर्गमील है। जैसा पूर्व में बताया गया है, महासागरों ने इनके निचले भागों को ढक रखा है। समुद्रों से ढका हुआ यह क्षेत्र करीब 1,00,00,000 वर्गमील है। इसीलिए महाद्वीपों का क्षेत्रफल केवल 5,60,00,000 वर्गमील ही है, जबकि महाद्वीपीय पठारों का क्षेत्रफल 6,60,00,000 वर्गमील है।

महाद्वीपीय भग्नतट (continental shelves) महाद्वीपीय पठारों के वे भाग हैं जो महासागरों के नीचे डूबे हुए हैं। ये अपने ढाल के अनुसार समुद्रों में महाद्वीपों से विभिन्न दूरियों तक फैले हुए पाये जाते हैं। भग्नतट कई स्थानों पर अपनी बाह्य सीमा से परे महासागरीय द्रोणियों के साथ तीव्र ढाल के साथ मिलते हैं। महासागरीय द्रोणियों और महाद्वीपीय पठारों को मिलाने वाले ढाल महाद्वीपीय भग्न ढाल (continental slopes) कहलाते हैं। ये ढाल यूकाटन, न्यू फाउण्डलैण्ड और संयुक्त राज्य अमरीका के पूर्वी तट के समीप अपेक्षाकृत बहुत मन्द हैं जबकि पीरू, कैलीफोर्निया और जापान के निकट बहुत तीव्र हैं।

महाद्वीप (Continents)—उपरोक्त विवरण से यह स्पष्ट हो जाता है कि महाद्वीप महाद्वीपीय पठारों के ही वे भाग हैं जो समुद्रों से ऊपर उठे हुए हैं। यदि महाद्वीपों की इस परिभाषा को ले तो कई द्वीप जैसे ब्रिटिश द्वीपसमूह व उत्तरी अमरीका के उत्तर में स्थित द्वीपसमूह आदि उन निकटवर्ती महाद्वीपों के ही अंग हैं, क्योंकि ये सम्बन्धित महाद्वीपीय पठारों के ही भाग हैं। किन्तु कई द्वीप जैसे हवाई और ऐजोर्स आदि जो महासागरीय तल से एकदम ऊँचे उठे हुए हैं, उन विशाल पठारों से ऊँचे शिखर हैं जो अपने समीपवर्ती समुद्र तली (ocean floors) से ऊपर उठे हुए हैं किन्तु समुद्र-तल से काफी नीचे हैं।

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 15

यद्यपि हम महाद्वीपों के धरातल की विस्तृत चर्चा आगे सम्बन्धित अध्यायों में करेंगे किन्तु यहाँ पर इतना बता देना समीचीन होगा कि इनका धरातल समुद्र की तली में भी बहुत अधिक ऊँचा-नीचा है। पटल-विरूपण (diastrophism), ज्वालामुखीय क्रिया (vulcanism) और अपरदन तथा ऋतु-अपक्षय की शक्तियों के कारण महाद्वीपों की स्थलाकृति भूतकाल में भी काफी बदली जा चुकी है और अब भी निरन्तर बदली जा रही है। स्थल पर सबसे अधिक ऊँचा भाग हिमालय पर्वत का शिखर माउण्ट एवरेस्ट है जिसकी ऊँचाई 29,000 फुट है। इसी तरह स्थल का सबसे नीचा भाग इजरायल में मृत सागर है जो समुद्र-तल से 2500 फुट नीचा है।

यदि महाद्वीपों के समस्त ऊँचे भागों को समतल कर दिया जाये तबसबसे समूचे स्थल-भाग एकसमान हो जायें तो महाद्वीपों की समुद्र तल से औसत ऊँचाई लगभग 2500 फुट रहेगी। इससे प्रकट है कि समुद्र की तली (floor) के ऊपर महाद्वीपों की औसत ऊँचाई करीब 3 मील है। यदि हम इन महाद्वीपीय पठारों को भी पूरी तरह घिसकर इनका पदार्थ महासागरीय द्रोणियों पर समान रूप से गिछा दे और स्थलमण्डल के धरातल को समतल कर दें तो समूचे स्थलमण्डल के ऊपर दो मील गहरा समुद्र लहराने लगेगा।¹

द्वितीय श्रेणी के भू-आकार (Relief Features of the Second Order)

स्थलमण्डल के प्रथम श्रेणी के भू-आकारों पर कई ऐसी स्थलाकृतियाँ पायी जाती हैं जो बहुत ही महत्वपूर्ण और प्रभावशाली होती हैं। ऐसी स्थलाकृतियाँ पर्वत, पठार और मैदान हैं। इन्हें द्वितीय श्रेणी के भू-आकार कहते हैं। ये भू-आकार महाद्वीपीय पठार और महासागरीय द्रोणियों दोनों पर समान रूप से पाये जाते हैं। यद्यपि पर्वत, पठार और मैदान महाद्वीपों के ही विशिष्ट भू-रूप गिने जाते हैं; किन्तु ऐसा विश्वास किया जाता है कि महासागरीय द्रोणियों पर महाद्वीपों की अपेक्षाकृत अधिक सख्या में और अधिक बड़े मैदान तथा पठार पाये जाते हैं। महासागरों में किये गये ध्वनिकरण के द्वारा सागर-तल पर कई पर्वतों की उपस्थिति का भी पता चला है। सागर-तल पर स्थित कई पर्वत तो इतने ऊँचे हैं कि वे जल से बाहर निकले हुए हैं। हवाई द्वीप का मौनालोआ ज्वालामुखी पर्वत ऐसा ही है। यह समुद्र की तली से 29,675 फुट ऊपर उठा हुआ है। समुद्र-तल (sea-level) के ऊपर इसकी ऊँचाई 13,675 फुट है, जब 16,000 फुट यह समुद्र-तल से नीचे है। इस प्रकार मौनालोआ वस्तुतः माउण्ट एवरेस्ट से लगभग 700 फुट अधिक ऊँचा है।

विभिन्न महाद्वीपों पर पर्वतों, पठारों और मैदानों की स्थिति में कुछ समानताएँ ध्यान देने योग्य हैं। सामान्यतः अधिकांश पर्वत महाद्वीपीय किनारों के समीप स्थित पाये जाते हैं। पठार मोटे रूप से बड़ी पर्वत-श्रेणियों के किनारे अथवा उनके बीच में स्थित मिलते हैं। विशाल बड़े मैदान महाद्वीपों के बीच में या उनके तटों पर स्थित मिलते हैं।

स्थलमण्डल के द्वितीय श्रेणी के भू-आकारों की उत्पत्ति पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों के कारण होती है। स्थल के रूप में परिवर्तन करने वाली इन आन्तरिक हलचलों को पटल-निरूपण द्वारा व्यक्त किया जाता है। यदि ये हलचलें महाद्वीप के विशाल भाग को प्रभावित करती हैं तो उन्हें महाद्वीप निर्माणकारी हलचलें कहा जाता है और यदि वे स्थल के कुछ भाग को पर्वत-निर्माण क्रिया के रूप में प्रभावित करती हैं तो उन्हें पर्वत-निर्माणकारी हलचलें कहा जाता है। अतः स्पष्ट ही पर्वत, पठार और मैदान पृथ्वी की रचनात्मक शक्तियों का परिणाम हैं। इसलिए द्वितीय श्रेणी के इन भू-आकारों को प्रायः रचनात्मक भू-आकार (constructional landforms) कहा जाता

¹ P. G. Worcester, *A Text Book of Geomorphology*, p. 18

हवा द्वारा निर्मित भू-आकारों के प्रकार—(क) अपरदित रूप जैसे—यारदंग, ज्यूगेन, त्रिकोटिका, (ख) अवशिष्ट रूप जैसे—बालुका-स्तूप और लोयस आदि ।

स्थल की उपरोक्त सभी गौण विषमताएँ पर्वत, पठार और मैदानों को अधिक विशिष्टताएँ प्रदान करती हैं । जिस प्रकार एक शिल्पी ग्रेनाइट अथवा सगमरमर के टुकड़े पर कार्य प्रारम्भ करते हुए धीरे-धीरे उसे छेनी द्वारा सुन्दर मूर्ति का रूप प्रदान करता है, उसी प्रकार प्रकृति भी रूपहीन स्थलमण्डल पर अनवरत कार्य करते हुए सुन्दर भू-आकार का विकास करती है ।¹

उपरोक्त सभी प्रकार के भू-आकार भू-तात्त्विक दृष्टि से बड़े महत्वपूर्ण हैं । प्रथम श्रेणी के भू-आकार एक विशाल रंगशाला के समान हैं, जिस पर सभी भौतिक घटनाएँ घटित होती हैं । इस रंगशाला का मंच (stage) बराबर बदलता रहता है, उसी प्रकार द्वितीय श्रेणी के भू-आकार भी बदलते रहते हैं । तृतीय श्रेणी के भू-आकार उन दृश्यों के समान हैं जो नाटक की अवधि में मंच पर बदलते रहते हैं । वान ऐज़िल के शब्दों में, "They constitute, as it were, the theatres, in which geological dramas are enacted. Stages, which in theatres are frequently altered and rebuilt to fit the succession of productions, may be figuratively compared with the plains, plateaus and mountains of the second order of relief and stage scenery, which may be many times shifted during the progress of a single play, matches the items of the third order of relief."²

मैदान (Plains)

मानव उपयोग की दृष्टि से मैदान सर्वाधिक महत्वपूर्ण भू-आकार है । ये अपनी सरल रचना, विशाल क्षेत्रफल तथा अति उर्वरा भूमि के कारण आदिकाल से मनुष्य के आकर्षण बिन्दु रहे हैं । ससार की भिन्न-भिन्न संस्कृतियों को अपने अचल में प्रश्रय देकर इन्होंने मानव सभ्यता के अभ्युदय में अमूल्य योग दिया है । आज भी सभ्य समाज के समस्त प्रगतिशील तत्त्व मैदानों में ही पल रहे हैं । पर्वतों एवं पठारों की अपेक्षा कई गुने अधिक लोग मैदानों में ही रहते हैं । अपनी भरण-पोषण की क्षमता, अपेक्षाकृत नीची और समतल भूमि, परिवहन तथा आवागमन की सुविधा आदि बातों के कारण मैदान एक प्रकार से ससार की घनी जनसंख्या के केन्द्रस्थल बने हुए हैं ।

साधारणतः 'मैदान' शब्द से आशय समतल और निम्न भू-भाग से लिया जाता है । किन्तु धरातल पर वास्तविक रूप से समतल भू-भाग बहुत कम देखे जाते हैं । इसी बात को दृष्टिगत रखते हुए सीमेन ने कहा है, "Plains are not flat, they may range from rather flattish to undulating land."³ अतः यह धारणा बना लेना गलत होगा कि पृथ्वी के जो बिल्कुल समतल भाग हैं वे ही मैदान हैं । वस्तुतः मैदान के अन्तर्गत असमतल और यहाँ तक कि कुछ सीमा तक पहाड़ी (hilly) भाग भी सम्मिलित किया जा सकता है । इसी प्रकार ऊँचाई भी मैदानों की कोई मुख्य कसौटी नहीं है । यद्यपि बोरसेस्टर की इस परिभाषा से, "Plains are the low lands of the earth."⁴ यह विदित होता है कि पृथ्वी के नीचे स्थल-भाग ही मैदान हैं । किन्तु कई मैदान ऐसे हैं जिनकी ऊँचाई पठारों और पहाड़ों से भी अधिक है । उदाहरणतः उत्तरी अमरीका के बड़े मैदान वस्तुतः अप्लेशियन पठार से अधिक ऊँचे हैं । ये मैदान अप्लेशियन पर्वत की कई श्रेणियों और

1 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 29

2 G. D. Van Engel : *Geomorphology*, p. 17

3 Seeman : *Physical Geography*, p. 155

4 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 506

शिखरो से भी ऊँचे है। राँकीज पर्वत-श्रेणी की ओर तो ये मैदान क्रमशः ऊपर उठते-उठते 6000 फुट की ऊँचाई तक पहुँच जाते हैं, किन्तु फिर भी निम्न उच्चावचन (low relief) के कारण ये मैदान ही हैं। कोई भी भू-भाग मैदान तभी कहा जा सकता है जबकि उस प्रदेश की स्थानीय भूमि का ऊँचा-नीचापन कुछ सौ फुट से अधिक न हो। फिच एवं ट्रिबार्थी के अनुसार, "The term plain is applied to all land that is relatively low with respect to sea-level and has a local relief of less than about 500 feet"¹ सीमेन के अनुसार, "Plains have low relief and have more flat land than slope."² उपरोक्त दोनों परिभाषाओं से स्पष्ट है कि घातल के सभी भू-भाग जो एक समान रचना वाले हों, अपेक्षाकृत समतल, क्रमिक ढालयुक्त हों एवं निम्न उच्चावचन वाले हों, मैदान कहे जाते हैं।

मैदानों का वर्गीकरण (Classification of Plains)

सामान्यतः मैदान एक दूसरे से अनेक बातों में भिन्न होते हैं। कुछ मैदान समुद्र-तल से अत्यधिक ऊँचे और कुछ समुद्र-तल से भी नीचे हैं। उदाहरणतः, उत्तरी अमरीका का बड़ा मैदान पश्चिम की ओर 1500 फुट तक ऊँचा उठ गया है जबकि जोर्डन नदी की घाटी और हालैण्ड के पोल्डर्स समुद्र-तल से भी नीचे हैं। इसी प्रकार कुछ मैदान बहुत ही असमतल और कुछ बहुत ही विशाल और कुछ बहुत ही छोटे, कुछ उष्ण एवं आर्द्र और कुछ शुष्क एवं शीतल, कुछ उपजाऊ और कुछ अनुपजाऊ, कुछ समुद्रतट के निकट और कुछ समुद्रतट से दूर, कुछ भूमि के उन्मज्जन और निमज्जन और कुछ अपरदन एवं निक्षेप द्वारा बने हुए हैं। इस प्रकार मैदान अपनी स्थिति, विस्तार, उत्पत्ति, ऊँचाई, जलवायु एवं वनस्पति आदि बातों में बहुत ही भिन्न होते हैं। अतः मैदानों को किसी एक आधार पर वर्गीकृत करना बड़ा ही कठिन है। वस्तुतः मैदानों को कई प्रकार से विभाजित किया जा सकता है। नीचे मैदानों के कुछ सम्भावित वर्ग प्रस्तुत किये जा रहे हैं जिनका प्रादेशिक भूगोल की दृष्टि से अपना विशिष्ट महत्त्व है :

(क) जलवायु के अनुसार मैदानों के भेद—जलवायु की परिस्थितियों के अनुसार मैदानों के निम्न भेद किये जा सकते हैं—(1) उष्ण तथा आर्द्र मैदान (Humid-tropical Plains), (2) उष्ण-शुष्क मैदान (Arid-tropical Plains), (3) उपध्रुवीय शीतल मैदान (Sub-arctic Plains), तथा (4) अन्य सामान्य प्रकार के मैदान। मैदानों के इस वर्गीकरण में भू-आकार निर्माण में योग देने वाले सबसे प्रमुख तत्त्व—जलवायु—को प्रधानता दी गयी है।

(ख) स्थिति के अनुसार मैदानों के भेद—महाद्वीपों के अन्दर मैदानों की स्थिति कैसी है, इस आधार पर मैदानों के दो वर्ग किये जा सकते हैं—(1) तटीय मैदान (Coastal Plains) जैसे फ्लोरिडा का मैदान एवं भारत का पूर्व-तटीय मैदान, (2) अन्तरस्थलीय मैदान (Interior Plains) जैसे यूरोप का बड़ा मैदान।

(ग) भू-गर्भिक रचना के अनुसार मैदानों के भेद—मैदानों को उनकी भू-गर्भिक रचना के अनुसार भी वर्गीकृत किया जा सकता है; जैसे (1) अनुप्रस्थ अवसादी शैलों के मैदान, (2) प्राचीन स्फाटीय शैलों के प्रायःसम मैदान, (3) हिमानी निक्षेप के मैदान।

(घ) भूमि की ऊँचाई-निचाई के अनुसार मैदानों के भेद—भौगोलिक दृष्टि से भूमि की ऊँचाई-निचाई मैदानों के वर्गीकरण का सबसे महत्वपूर्ण आधार है। यह एक ऐसा तत्त्व है जो मैदानों के मानव उपयोग के विभिन्न पहलुओं को प्रकट कर देता है। जैसे अपवाह की स्वतन्त्रता,

¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geography*, p. 257

² Seeman : *Physical Geography*, p. 155

भूमि-अपरदन की तीव्रता एवं कृषि की सुविधा आदि। इसके अतिरिक्त इसको स्थानीय भिन्नता की दृष्टि से कुछ हद तक सही-सही नापा जा सकता है। किंच एवं द्विवार्था ने भूमि की स्थानीय ऊँचाई-निचाई के अनुसार मैदानों के निम्न भेद बताये हैं :¹

(1) समतल मैदान (Flat Plains)—वे मैदान जिनके विभिन्न भागों के बीच की ऊँचाई-निचाई का अन्तर 50 फुट से अधिक नहीं होता।

(2) असमतल मैदान (Undulating Plains)—वे मैदान जिनके अति ऊँचे और अति नीचे भागों के बीच का अन्तर 50 फुट से 150 फुट तक होता है। इन मैदानों में बड़ा उतार-चढ़ाव होता है।

(3) लहरदार मैदान (Rolling Plains)—ये मैदान समतल मैदानों से नितान्त ही भिन्न होते हैं। इनमें जगह-जगह गोलाकार टीले पाये जाते हैं। इनमें उच्चतम एवं निम्नतम स्थानों के बीच का अन्तर 150 फुट से 300 फुट तक होता है।

(4) विषम कटे-फटे मैदान (Rough Dissected Plains)—जैसा नाम से प्रकट है, ये मैदान बहुत ही ऊबड़-खाबड़ होते हैं। इनमें विभिन्न भागों की ऊँचाई-निचाई का अन्तर 300 फुट से 500 फुट तक होता है।

(ड) उत्पत्ति के अनुसार मैदानों के भेद—भू-पटल पर पाये जाने वाले समस्त मैदान भूमि की रचनात्मक अथवा ध्वंसात्मक क्रियाओं द्वारा निर्मित होते हैं। अतः डॉ० दुबे ने मैदानों को उनकी निर्माण-विधि के अनुसार निम्न भागों में बाँटा है :²

(अ) ध्वंसात्मक मैदान (Destructional Plains),

(ब) निक्षेपात्मक मैदान (Depositional Plains),

(स) रचनात्मक अथवा तटीय मैदान (Constructional or Coastal Plains)।

ध्वंसात्मक मैदान (Destructional Plains)

इन मैदानों की रचना ऋतु-अपक्षय और अपरदन के द्वारा होती है। किन्तु इनके निर्माण पर अपरदन के साधनों की भिन्नता—बहता हुआ जल, हिमानी, भूमिगत जल, हवा एवं लहरे और भूमि की संरचना का बड़ा प्रभाव पड़ता है। अतः अपरदन के साधनों के अनुसार इनके निम्न भेद किये जाते हैं :

(1) प्रायः सम अथवा नदी-वर्षित मैदान,

(2) कास्ट मैदान,

(3) हिम-अपरदित मैदान,

(4) मरुस्थलीय मैदान।

(1) समप्राय मैदान (Peneplains)—ये मैदान भूमि के अपरदन द्वारा बने मैदानों के सुन्दर उदाहरण हैं। ऐसे मैदान पर्वतों एवं पठारों के घिसकर समतल हो जाने से बनते हैं। यद्यपि इनके अपरदन में जल, वायु, हिम आदि सभी बाह्य शक्तियाँ योग देती हैं, किन्तु इन सबमें नदियों का ही विशेष महत्त्व है। नदियाँ जब पर्वतों और पठारों से निकलकर बहती हैं तो उनकी प्रवृत्ति उस भू-भाग को समतल बनाने की होती है। नदियों का यह अपरदन-कार्य तब तक चलता रहता है जब तक वे अपने चरम स्तर (base level) को नहीं पहुँच जाती। चरम स्तर को प्राप्त हो जाने पर उस भू-भाग की ऊँचाई लगभग समुद्र-तल (sea level) के बराबर हो जाती है। इस प्रकार धरातल के विस्तृत भू-भाग नदियों से प्रभावित होकर समतल मैदान में बदल जाते हैं। रूस,

¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geography—Physical and Cultural*, p. 258

² Dr. R. N. Dubey : *Physical Basis of Geography*, p. 182

फ्रांस, इंग्लैण्ड, संयुक्त राज्य अमेरिका, आस्ट्रेलिया, ब्राजील और भारत में ऐसे मैदान देखे जा सकते हैं।

जब ये मैदान अपने अपक्षय की प्रारम्भिक अवस्था में होते हैं तो ये समुद्र-तल से काफी ऊँचे होते हैं। इस अवस्था में नदियाँ अपने मैदान को जगह-जगह काट देती हैं। नदियों की घाटियाँ सँकरी और गहरी होती हैं। अतः नदियों में प्रायः बाढ़ आया करती है। मैदान के स्थान-स्थान पर कट जाने से भूमि बेकार हो जाती है। संयुक्त राज्य अमेरिका के दक्षिणी डकोटा राज्य में इस प्रकार की भूमि को **उत्खात भूमि** (Bad lands) कहा जाता है। यहाँ से भूमि अपने अपक्षय की प्रारम्भिक अवस्था में ही है। ऐसे भागों में नदियों के बीच की ऊँची और समतल भूमि ही खेती तथा आवागमन के प्रयोग में आती है।

इन मैदानों की मध्य और अन्तिम अवस्था में नदियों के बीच की भूमि कट-कटाकर विशाल घाटियों में बदल जाती है। इस प्रकार नदियों की घाटियों का बहुत अधिक विस्तार हो जाता है। लगभग समस्त भू-भाग समतल मैदान बन जाता है। यत्र-तत्र कुछ ऊँचे अवशिष्ट शैल (monad-nocks) अवश्य दिखाई पड़ते हैं। अवशिष्ट शैल इन मैदानों की विशेषता है। ये कठोर चट्टानों से बने होने से अपने आसपास की मुलायम चट्टानों की अपेक्षा कम घिसते हैं। इसलिए मैदान में जहाँ-तहाँ ये ऊँचे खड़े रह जाते हैं। इन अवशिष्ट चट्टानों को '**मोनेडनॉक**' (monadnock) कहा जाता है।

धरातल पर आज जितने भी प्रायःसम मैदान देखने को मिलते हैं वे सब अपनी आदर्श अवस्था में नहीं हैं। आज भी उनमें बहने वाली नदियों का प्रवाह वेग और अपरदन की तीव्रता देखी जाती है, जो आदर्श अवस्था के प्रतिकूल है। ऐसा भू-गर्भिक हलचलों के कारण धरातल के ऊपर उठ जाने से होता है। पेरिस बेसिन, अमेजन बेसिन का दक्षिणी भाग, मिसिसिपी बेसिन का ऊपरी भाग, रूस का मध्यवर्ती भाग, पूर्वी इंग्लैण्ड का मैदान और अरावली पर्वत का क्षेत्र प्रायः सम मैदान (peneplain) के विशिष्ट उदाहरण हैं।

नदियों की अपरदन-क्रिया से बनने वाले ऐसे प्रायः सम मैदानों का आकार यहाँ की चट्टानों की रचना पर निर्भर करता है। यदि मैदान की रचना सर्वत्र एकसी चट्टानों की है तो मैदान में सभी स्थानों पर नदी के अपरदन का प्रभाव एकसा होगा। अतः ऐसी अवस्था में मैदान की रूप-रेखा भी एकसी होगी। किन्तु यदि इसके विपरीत कठोर तथा मुलायम दोनों ही प्रकार की चट्टानें पास-पास स्थित हुईं तो इन पर नदी के अपरदन का प्रभाव असमान होगा और परिणामस्वरूप मैदान के आकार में भी एकरूपता नहीं होगी। ऐसी अवस्था में मैदान लहरदार होगा।

कठोर और मुलायम चट्टानों के साथ-साथ होने से मुलायम चट्टानें शीघ्र घिस जाती हैं, किन्तु कठोर चट्टानें बहुत देर से घिसेंगी। चट्टानों के घिस जाने पर इस असमान प्रभाव से मैदान में कठोर चट्टानों की एक श्रेणी बन जायगी। मैदान में जहाँ कहीं इन कठोर चट्टानों की श्रेणी का ढाल मैदान के भीतरी भाग की ओर खड़ा और बाहर की ओर क्रमशः होता है तो उस पहाड़ी श्रेणी को **कुएस्टा** (cuesta) कहा जाता है और इस प्रकार के मैदान को **कुएस्टा आकार** (cuestiform) का मैदान कहते हैं। पेरिस बेसिन और लन्दन बेसिन इस प्रकार के मैदान के सर्वोत्तम उदाहरण हैं।

(2) **कार्स्ट मैदान** (Karst Plains)—पृथ्वी के धरातल पर कई भू-भाग ऐसे हैं जो चूने की चट्टानों से बने हुए हैं। ये चट्टानें कहीं तो धरातल के ऊपर निकली हुई पायी जाती हैं और कहीं ऊपर से मिट्टी आदि पदार्थों से ढकी हुई होती हैं। ये चट्टानें प्रायः घुलनशील होती हैं। इस प्रकार बहते हुए जल का इन पर अति शीघ्र प्रभाव होता है। बहता हुआ जल इन्हें बराबर घुलता रहता है और कालान्तर में उस भू-भाग का रूप ही बदल देता है। ऐसे भागों में जल का प्रवाह

ऊपर धरातल पर कम और भीतर अधिक होता है, क्योंकि ऐसे भागों में शीघ्र घुलनशील चट्टानों को पानी जल्दी ही नष्ट-भ्रष्ट कर वहाँ बड़े-बड़े गर्त बना देता है। तब उस प्रदेश में बहने वाला समस्त जल ऊपर न बहकर उन गर्तों में समाने लगता है। यह भू-गर्भवर्ती जल भीतरी भाग को बराबर खोखला करता रहता है। इस प्रकार ज्यों-ज्यों घुलने की क्रिया बढ़ती जाती है त्यों-त्यों धरातल के ऊपर और नीचे परिवर्तन होता जाता है। धीरे-धीरे उस प्रदेश में बने सभी गर्भ घुलन क्रिया के द्वारा बड़े होते जाते हैं और अन्त में मिलकर एक हो जाते हैं। इस प्रकार कई स्थानों पर भूमि के भीतर से खोखली हो जाने से ऊपर की छतें नीचे बैठ जाती हैं। इस प्रकार चूने का समस्त प्रदेश ही घुल-घुलकर समतल हो जाता है। ऐसे मैदान अधिकतर यूगोस्लाविया में एड्रियाटिक सागर के समीप पाये जाते हैं। वहाँ इन मैदानों को कार्स्ट मैदान कहा जाता है। अतः इनके समान बने सभी मैदान **कार्स्ट मैदान** (Karst Plain) कहलाते हैं। इस प्रकार के मैदान यूगोस्लाविया के अतिरिक्त संयुक्त राज्य के एरीजोना, कैण्टको, टेनेसी, कोकोनीनो, कैबाब, फ्लोरिडा, यूकाटन, क्यूबा और दक्षिणी फ्रांस (Causses) में पाये जाते हैं।

(3) **हिम-अपरदित मैदान** (Glacial Plains)—पृथ्वी के इतिहास में धरातल के अनेक भाग कई बार हिम द्वारा प्रभावित हुए हैं। हिम के प्रभाव से धरातल की पुरानी रूपरेखा बिलकुल ही बदल जाती है। हिम प्रवाह के कारण पर्वतीय श्रेणियों और घाटियों में अभूतपूर्व परिवर्तन होता है। पहाड़ियाँ गोलाकार और घाटियाँ चौड़ी हो जाती हैं। धीरे-धीरे घाटियों का विस्तार बढ़ता जाता है और तली में खरोच के कारण गड्ढे तथा चिह्न बन जाते हैं। घाटियों के किनारों पर हिम के साथ बहकर आये हुए शिलाखण्ड एकत्र हो जाते हैं। अनेक स्थानों पर मिट्टी बिलकुल बह जाती है। जहाँ-तहाँ उथली झीलें और दलदल पाये जाते हैं। नदियों का प्रवाह बड़ा ही अनियमित रहता है। इस प्रकार हिम प्रवाह से बने मैदान बड़े ही ऊबड़-खावड़ होते हैं। इनमें खेती नहीं हो सकती। यहाँ केवल वन ही पाये जाते हैं। हिम-प्रवाहित मैदानों के विशिष्ट उदाहरण कनाडा, फिनलैण्ड और स्वीडन में मिलते हैं।

(4) **मरुस्थलीय मैदान** (Desert Plains)—ये मैदान ऋतु-अपक्षय, वायु और अस्थायी परन्तु तेज बहने वाली नदियों के प्रभाव से बनते हैं। इन भागों में वर्षा की कमी के कारण ऋतु-अपक्षय द्वारा होने वाला विलयन और विखण्डन बड़ा ही धीरे-धीरे होता है। किन्तु वनस्पति के अभाव से यहाँ वायु द्वारा होने वाला अपरदन अधिक होता है। छोटी-छोटी बरसाती नदियाँ भी बड़ी तीव्रता से काट-छाँट करती हैं। मरुस्थलीय मैदान प्रायः अन्तरस्थलीय अपवाह (inland drainage) के क्षेत्र होते हैं। स्थान-स्थान पर झीलें मिलती हैं। मानव उपयोग की दृष्टि से ये मैदान किसी काम के नहीं होते हैं।

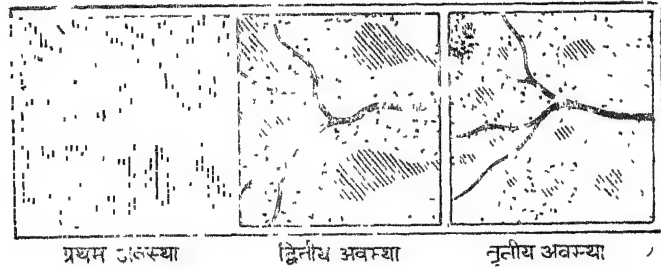
निक्षेपात्मक मैदान (Depositional Plains)

जब धरातल के असमतल भाग किसी भी साधन द्वारा निक्षेपित पदार्थों से समतल कर दिये जाते हैं तो ऐसे मैदान निक्षेपात्मक मैदान कहलाते हैं। ससार के अधिकांश मैदान निक्षेप द्वारा ही बने हुए हैं। धरातल पर निक्षेप-कार्य मुख्यतः नदियों, हिमनदियों, पवन, समुद्र तथा ज्वालामुखी द्वारा होता है। अतः निक्षेप के साधन और निक्षेप के स्थान के अनुसार इन मैदानों के निम्न भेद किये जा सकते हैं :

1. जलोढ़ मैदान, 2. अपोढ़ के मैदान, 3. झील के मैदान, 4. लावा के मैदान, 5. लोयस मैदान।

(1) **जलोढ़ मैदान** (Alluvial Plains)—नदियाँ जब ऊँचे पर्वतीय भागों से बहकर आती हैं तो वह अपने साथ बड़ी मात्रा में जलोढ़क बहाकर लाती हैं। इस जलोढ़क को नदियाँ अपनी घाटी में क्रमानुसार यत्र-तत्र छोड़ती जाती हैं। इस प्रकार नदियों की घाटियों में जलोढ़क के निक्षेप

से विणाल मैदानों की रचना हो जाती है। जलोढ़क के निक्षेप से बनने के कारण इन मैदानों को जलोढ़ मैदान कहा जाता है। ससार के अधिकांश बड़े-बड़े मैदान—मिसिसिपी का मैदान, गंगा-



चित्र 409—नदियों द्वारा निर्मित मैदान

सिन्धु का मैदान, ह्वांगहो और यांगटिसीक्यांग का मैदान, वोल्गा और डेन्यूब का मैदान और नील का मैदान—जलोढ़क द्वारा निर्मित मैदान ही है।

नदी की घाटी में सर्वत्र जलोढ़क का निक्षेप एकसमान नहीं होता। घाटी की विभिन्न अवस्थाओं में नदी का निक्षेप कार्य भिन्न होता है। जलोढ़क के निक्षेप की भिन्नता के अनुसार फिच (Finch) ने मैदानों को तीन भागों में बाँटा है :

- (अ) पर्वत-पदीय मृत्तिका अथवा भाबर (Piedmont Alluvial Fan)
- (ब) बाढ़ का मैदान (Flood plain)
- (स) डेल्टा मैदान (Delta plain)।

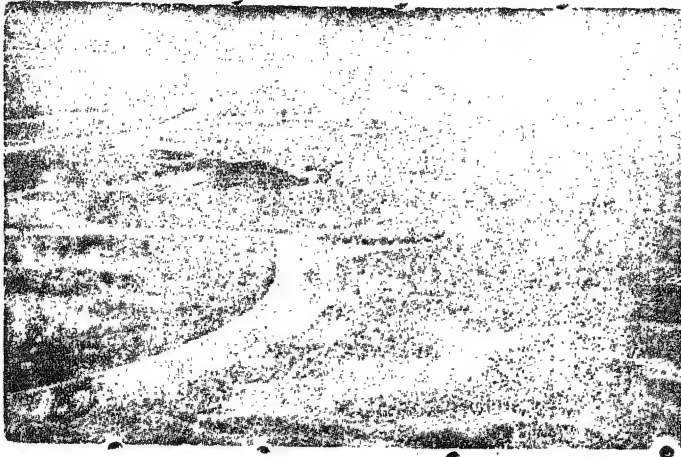
उपरोक्त तीनों मैदानों को ऊपरी घाटी, मध्य घाटी और निम्न घाटी के मैदान भी कहते हैं।

(अ) पर्वत-पदीय मृत्तिका पंख अथवा भाबर (Piedmont Alluvial Fan)—प्रारम्भ में नदी जब पहाड़ों को छोड़कर मैदान में प्रवेश करती है तो उसकी घाटी चौड़ी हो जाती है और प्रवाह वेग मन्द पड़ जाता है। प्रवाह वेग के मन्द पड़ जाने से जो भी जलोढ़क नदी अपने साथ पहाड़ों को बहा लाती है, सब वही छोड़ देती है। इस प्रकार पहाड़ों की तलहटियों में नदियों द्वारा लाया हुआ पदार्थ एकत्र होता जाता है और धीरे-धीरे पंखे के आकार में फैलता जाता है। इन पंखों का विस्तार, बहाकर लाये गये पदार्थों की मात्रा पर निर्भर रहता है। इनमें अधिकतर बजरी व बालू की अधिकता होती है। इनकी सतह पर वर्षा-जल द्वारा लाये गये बड़े-बड़े गोलाग्रम का विस्तार देखा जाता है। इन मैदानों का ढाल पहाड़ों की ओर अधिक और मैदान की ओर क्रमशः रहता है। अनपजाऊ और पारगम्य मिट्टी तथा सिंचाई के अभाव से ये मैदान खेती के अयोग्य होते हैं। यहाँ केवल कुछ घास और झाड़ियाँ ही पैदा होती हैं। जब कभी अनेक पर्वत-पदीय पंख एक साथ मिल जाते हैं तो विशाल पर्वत-पदीय मैदानों की रचना हो जाती है। इस प्रकार के मैदानों को हमारे देश में 'भाबर' कहा जाता है।

(ब) बाढ़ के मैदान (Flood plain)—नदी अपनी मध्यावस्था में ज्यों-ज्यों आगे बढ़ती है उसकी घाटी विस्तृत और प्रवाह धीमा पड़ता जाता है। ऐसी अवस्था में नदी केवल सूक्ष्म पदार्थों को ही अपने साथ बहा पाती है। मोटे-मोटे कण मार्ग में घिसकर सूक्ष्म रूप ले लेते हैं। ये ही सूक्ष्म पदार्थ नदी में आ जाने के कारण घाटी के आसपास के प्रदेशों में जमा हो जाते हैं और इस प्रकार मैदान बन जाते हैं। किन्तु इनका विस्तार क्षय-पदार्थों की मात्रा के निक्षेप पर निर्भर करता है।

नदी के मध्य भाग तक पहुँचते-पहुँचते कई छोटी-छोटी नदियाँ और नाले उसमें मिलते हैं। ये सहायक नदियाँ जब मुख्य नदी में मिलती हैं तो उनका प्रवाह धीमा हो जाता है। अतः ये अपने साथ लाये हुए पदार्थ को मार्ग में ही जमा करने लगती हैं। इनमें शनैः शनैः मैदानी क्षेत्र का

विस्तार होता जाता है और ये मुख्य नदी के मैदान से जा मिलते हैं। अतः ऐसे मैदानों को 'दोआब'—दो नदियों के बीच का मैदान—कहा जाता है।



चित्र 410—बाढ़ का मैदान

नदियों की बाढ़ द्वारा बने ये मैदान अत्यन्त उपजाऊ होते हैं क्योंकि नदियाँ प्रतिवर्ष उपजाऊ मिट्टी ला-लाकर मैदान में बिछाती रहती हैं। यही कारण है कि ये मैदान संसार के घने बसे हुए भाग हैं।

(स) डेल्टा मैदान (Delta Plains)—नदी अपनी अन्तिम अवस्था में जब समुद्र में प्रवेश करती है तो उसकी प्रवाह गति बिलकुल ही शिथिल हो जाती है। इस अवस्था में उसका भार (load) बहुत अधिक बढ़ जाता है। यहाँ नदी का क्षय-कार्य प्रायः समाप्त हो जाता है। अतः नदी अपना समस्त भार मुहाने के समीप पटकती जाती है। धीरे-धीरे मुहाना इतना अधिक भर जाता है कि वह जीभ की तरह समुद्र में बढ़ जाता है। काँप के धीरे-धीरे जमा होते रहने से इसका विस्तार भूमि की ओर भी बढ़ता जाता है और एक त्रिभुजाकार आकृति का रूप बन जाता है। संसार की सभी बड़ी-बड़ी नदियाँ अपने मुहानों पर इस प्रकार के डेल्टाओं का निर्माण करती हैं।

डेल्टा मैदान प्रायः समतल और सपाट होता है। यत्र-तत्र दलदल और उथली झीलें पायी जाती हैं। इसकी ऊँचाई-निचाई बहुत ही कम होती है। यहाँ नदियों के तटों के समीप तट बाँध (levees) पाये जाते हैं। इनके कारण बहुधा नदी अनेक वितरक धाराओं में बँट जाती है। गंगा, सिन्धु, नील, पो, ह्वांगहो और मिसिसिपी आदि नदियों ने मुहानों पर बड़े-बड़े डेल्टाओं का निर्माण किया है। ये मैदान उपजाऊ होने के कारण घनी आवादी के केन्द्र बन गये हैं।

(2) अपोढ़ के मैदान (Drift Plains)—बड़े-बड़े हिमनद जब पहाड़ों से नीचे उतरते हैं तो अपने साथ बड़ी मात्रा में कंकड़, पत्थर, शिलाखण्ड और बालू, बजरी आदि बहा लाते हैं। जब ये हिमनद हिम-रेखा (snow line) को पहुँचते हैं तो वे पिघलने लगते हैं। अतः उनके साथ आया हुआ सब पदार्थ वहीं छूट जाता है। धीरे-धीरे इन पदार्थों का निक्षेप बढ़ता जाता है और कालान्तर में मैदान का रूप धारण कर लेता है। धरातल पर इस प्रकार के मैदान अधिकतर उस समय बने जब महाद्वीप हिम-चादरों से ढके हुए थे और हिम चादरें आगे-पीछे हटने लगी थीं।

उत्तरी-पश्चिमी यूरोप और मध्य कनाडा में ऐसे मैदानों के सर्वोत्तम उदाहरण मिलते हैं। अपनी उत्पत्ति और रचना-विधि के अनुसार ये मैदान तीन प्रकार के होते हैं :

(अ) बटुड़ मृत्तिका मैदान, (ब) अपक्षेप मैदान, और (स) हिमोढ़ के मैदान।

A black and white photograph showing a large, dense crowd of people gathered outdoors. The crowd is seen from a distance, filling the lower half of the frame. The background shows a line of trees and a bright sky. The image is grainy and has a high-contrast, almost binary appearance.

(3) **झील के मैदान (Lacustrine Plains)**—
झीलों में गिरने वाली नदियाँ प्रतिवर्ष बड़ी मात्रा में झीलों के पेटों में अवसाद का निक्षेप करती रहती हैं। जब कभी अवसाद के निक्षेप से झीलों की तली भर जाती है और झील सूख जाती है तो वह मैदान में बदल जाती है। ऐसे मैदान प्रायः शुष्क प्रदेशों और हिम प्रवाहित क्षेत्रों में अधिक देखे जाते हैं। ये मैदान अपने रूप में ठीक तटीय मैदानों के अनुरूप लगते हैं। इन मैदानों में मिट्टी, बालू और तलछट की परतें होती हैं। जल प्रवाह ठीक न होने से इन मैदानों के बहुत से भाग दलदली होते हैं और कुछ भाग जल से आर्द्र रहते

है। ये मैदान सपाट और उपजाऊ होते हैं इसलिए खेती के लिए बड़े उपयुक्त होते हैं। इस प्रकार के मैदान समुक्त राज्य अमरीका, कनाडा और उत्तरी-पश्चिमी यूरोप में पाये जाते हैं।

(4) लावा के मैदान (Lava Plains)—जब ज्वालामुखी का उद्गार होता है तो उसके भीतर से उष्ण और द्रव पदार्थ बाहर निकलता है। यह पदार्थ लावा कहलाता है। लावा बाहर निकल कर आस-पास धरातल पर फैलने लगता है। लावा का यह निक्षेप धरातल की सभी असमानताओं को दूर कर देता है। कभी-कभी लावा का निक्षेप हजारों मील की लम्बाई और सैकड़ों फुट की मोटाई में होता है। लावा के इस प्रकार के निक्षेप से विशाल उपजाऊ मैदानों की रचना हो जाती है। इटली में नेपल्स के समीप विसूवियस ज्वालामुखी से निकले लावा से इस प्रकार के मैदान का निर्माण हुआ है। पश्चिमी द्वीप-समूह तथा जावा द्वीप में भी इस प्रकार के मैदान पाये जाते हैं।

(5) लोयस मैदान (Loess Plains)—नदियों की तरह हवा भी अपरदित पदार्थों का एक स्थान से दूसरे स्थान को निक्षेप करती रहती है। परन्तु हवा की प्रवाह शक्ति बहुत ही कमजोर होने से वह अपने साथ केवल बारीक मिट्टी को ही उड़ाकर ले जा सकती है। वह अपने साथ लायी हुई मिट्टी को मार्ग में जहाँ कहीं रुकावट मिल जाती है छोड़ देती है। इस प्रकार हवा धरातल के कई भागों की असमतलता दूर कर विस्तृत समतल मैदानों की रचना कर देती है। कभी-कभी हवा मिट्टी को बड़ी दूर तक उड़ा ले जाती है। हवा अपने साथ यह मिट्टी या तो मरु-स्थलों से अथवा वनस्पतिहीन भागों से लाती है और फिर अन्यत्र जमा कर देती है। उत्तरी चीन का मैदान अधिकतर हवा द्वारा उड़ाकर लायी हुई मिट्टी से ही बना है। इस मैदान की गहराई कहीं-कहीं पर सैकड़ों फुट है। ऐसे मैदानों की मिट्टी बड़ी उपजाऊ होती है। परन्तु कभी-कभी इनमें बड़ी भयंकर बाढ़ें आ जाती हैं जिससे भारी क्षति होती है। चीन में ह्वांगहो नदी में प्रति-वर्ष ऐसी बाढ़ें आया करती हैं, इस कारण उसको 'चीन का शोक' (China's Sorrow) कहा जाता है। इन मैदानों में बहने वाली नदियों में बाढ़ आने का कारण यह है कि मिट्टी का कटाव जल द्वारा बड़ी सुगमता से हो जाता है। इसलिए बड़ी मात्रा में मिट्टी बहकर नदियों के मुहानों पर जमा हो जाती है। इससे नदियों का मार्ग बन्द हो जाता है और पानी चारों ओर फैल जाता है।

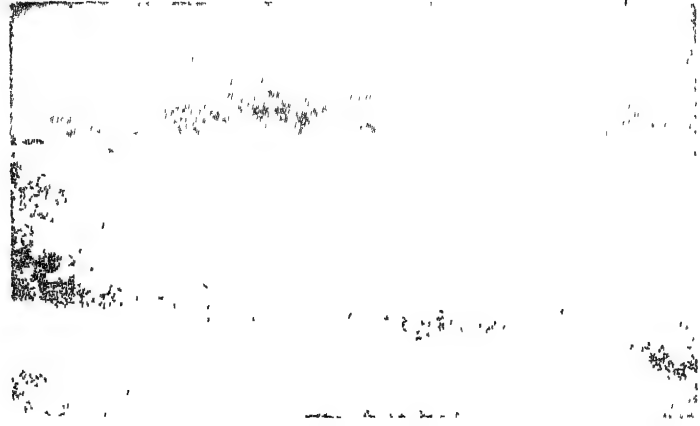
लोयस के बने मैदानों में परते नहीं होतीं। परन्तु यह मिट्टी बहुत ही पारगम्य होती है। इसी कारण इनमें लम्बाकार धाराएँ पायी जाती हैं। इनमें कहीं-कहीं प्राचीन वनस्पति के अवशेष भी देखे जाते हैं। यह मिट्टी बहुत ही उपजाऊ है और इनका सबसे अधिक निक्षेप स्टेप प्रदेश में हुआ है। रूसी तुर्किस्तान, उत्तरी-पश्चिमी चीन और मिसिसिपी नदी के किनारे लोयस का बड़ा जमाव देखा जाता है।

रचनात्मक अथवा तटीय मैदान (Constructional or Coastal Plain)

धरातल पर पाये जाने वाले अधिकतर मैदान या तो पृथ्वी की बाह्य शक्तियों की अपरदन-क्रिया के द्वारा बने हैं या अपरदित पदार्थों के निक्षेप होने से। परन्तु भू-पटल पर कुछ ऐसे भी मैदान हैं जिनका सम्बन्ध उपरोक्त दोनों कारणों से नहीं है, अपितु वे भू-पटल गति (diastrophism) के कारण निर्मित होते हैं। पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों के कारण कभी-कभी महाद्वीप मग्नतट (continental shelf) ऊपर उठ जाते हैं और तटीय मैदान (coastal plain) का रूप ग्रहण कर लेते हैं। इसलिए तटीय मैदानों को महाद्वीपों का एक भाग ही समझना चाहिए। समुद्र में प्रवेश करने वाली सभी नदियाँ अपने साथ लाये हुए पदार्थों को महाद्वीपीय मग्नतट पर फैलाती रहती हैं। इस कारण महाद्वीपीय मग्नतट तलछट के जमाव से समतल बने रहते हैं। यही भाग जब ऊपर उठ जाते हैं तो समतल मैदान बन जाते हैं। इन नवीन उत्थापित मैदानों का विस्तार तट की पूर्ववर्ती रचना

के अनुसार होता है। यदि तटीय भू-भाग पहले से ही मैदानी है तो नवीन उत्थापित तटवर्ती मैदान चौड़ा होगा। किन्तु यदि तटीय भू-भाग पर्वतीय है तो नवीन तटवर्ती मैदान एक सँकरी पट्टी के रूप में होगा।

रचना की दृष्टि से तटीय मैदान साधारण और मिश्रित दोनों ही प्रकार के होते हैं। साधारण मैदानों में निरन्तर क्रमिक तहे विद्यमान होती हैं। मिश्रित मैदान समुद्र के बार-बार आगे-पीछे हटते रहने से बनते हैं। इस कारण मिश्रित मैदानों में शिथिल-भिन्न पदार्थों वाली अनुक्रमिक तहें देखी जाती हैं। कुछ तटीय मैदान धरातल की निम्न भूमि पर और कुछ धरातल की ऊँची या विषम प्रकृति वाली भूमि पर आधारित होते हैं।



चित्र 413—तटीय मैदान

तटीय मैदान अपनी प्रारम्भिक अवस्था में प्रायः समतल होते हैं परन्तु उनमें स्पष्ट ढाल का अभाव रहता है। स्थान-स्थान पर बड़े-बड़े गर्त (depression) विद्यमान रहते हैं। सम्पूर्ण मैदान आकृतिहीन और नीचा होता है। मैदान में सर्वत्र छिछली झीलें और दलदल देखे जाते हैं। इनमें जल-प्रवाह पूर्णतः अविकसित होता है। उच्च ज्वार के समय इन मैदानों में समुद्र का जल भर जाता है। मैदान में सर्वत्र बालू और कॉप की समान्तर और लहरदार पट्टियाँ देखी जा सकती हैं।

तटीय मैदान अधिक दिनों तक समतल नहीं बने रहते। जल-प्रवाह के विकसित होते ही इनके रूप में परिवर्तन होने लग जाता है। अतः कालान्तर में नदियों और लहरों के प्रभाव से इनका समतल रूप नष्ट हो जाता है। ढीली कॉप और बालू से बनी होने के कारण ऋतु-अपक्षय और अपरदन का इन पर शीघ्र प्रभाव होता है।

समुद्री लहरों द्वारा कहीं-कहीं तटीय मैदानों पर बालू व मिट्टी आदि एकत्र होती रहती है जिससे तटीय मैदान का समुद्र की ओर विस्तार होता जाता है। कहीं-कहीं तटों के समीप बालू की भित्तियाँ खड़ी हो जाती हैं जो मैदानों के विस्तार को समुद्र में दूर तक पहुँचा देती हैं। इन भित्तियों के कारण यहाँ जहाजों के ठहरने के लिए सुरक्षित स्थान बन जाते हैं। स्थल की ओर ये मैदान जहाँ पुरानी तट-रेखा के समीप मिलते हैं वहाँ यकायक ढाल होता है। इन पुराने तटों के अधिक ढाल होने के कारण यहाँ बहने वाली नदियों में जल-प्रपात बन जाते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका में अटलाण्टिक तट पर बनी हुई प्रपात रेखा (fall line) इसका उदाहरण है।

तटीय मैदान यों तो प्रायः सभी महाद्वीपों में पाये जाते हैं परन्तु महत्त्वपूर्ण तटीय मैदानों के उदाहरण बेल्जियम, हॉलैण्ड और जर्मनी में देखने को मिलते हैं। इनके अतिरिक्त उत्तरी

अमरीका में मेक्सिको खाड़ी और अटलाण्टिक महासागर का तटीय मैदान, अफ्रीका का गिनी तट और भारत का मलाबार तथा कारोमण्डल तट के मैदान विशेष उल्लेखनीय हैं।

मैदानों का मानव-जीवन पर प्रभाव

धरातल के अन्य सभी भू-आकारों की अपेक्षा मैदानों का मानव-जीवन पर बड़ा गहरा प्रभाव देखा जाता है। मानव-जीवन की अधिकांश आर्थिक गतिविधियाँ एवं कार्यकलाप मैदानों में ही देखने को मिलते हैं। मैदान मानव के लिए महत्वपूर्ण क्रीड़ा क्षेत्र है। मानव जीवन की अधिकांश आवश्यकताएँ मैदानों से ही पूरी होती हैं। अतः मैदान कई प्रकार से बड़े महत्वपूर्ण हैं।

मैदान और जनसंख्या का वितरण—भूमि की प्राकृतिक बनावट का भी जनसंख्या के वितरण पर गहरा प्रभाव पड़ता है। यह बात इसी से सिद्ध होती है कि सम्पूर्ण विश्व की जनसंख्या का 9/10 भाग भूमि के उन प्रदेशों में निवास करता है जो साधारण समुद्र-तल से 2000 फुट से भी कम ऊँचे हैं। मैदान में जीवन-निर्वाह की सुविधाएँ अधिक पायी जाती हैं। विस्तृत भू-तल सपाट होने के कारण आवागमन के मार्गों की सुगमता और कृषि, पशुपालन अथवा औद्योगिक प्रयत्नों के करने की भूमि सुविधाओं के कारण मैदानों में जनसंख्या का जमाव घना होता है। यही कारण है कि प्राचीनकाल से ही नदियों के मैदानों—दजला, फरात, गंगा, सिन्धु, यांगटिसीक्यांग, नील आदि नदियों के मैदानों—में जनसंख्या अधिक पायी जाती है। यहाँ का मुख्य व्यवसाय खेती करना रहा है। इन्हीं प्रदेशों में सभ्यता का जन्म हुआ और यही वह फली-फूली और क्रमशः विश्व के अन्य भागों में फैली। वर्तमान समय में प्रायः सभी बड़े-बड़े नगर, औद्योगिक और व्यापारिक केन्द्र जो वास्तव में घनी आबादी के जमाव हैं, मैदानों में ही स्थित हैं जबकि उच्च पर्वतीय प्रदेश बिल्कुल निर्जन हैं।

भूमि की उर्वरा-शक्ति किसी स्थान विशेष पर जनसंख्या को आकर्षित करती है। जिन भागों में भूमि उपजाऊ होती है, वहाँ मनुष्य खेती करके अपना जीवन निर्वाह करते हैं। किसी स्थान में खेती के आरम्भ होते ही वहाँ की जनसंख्या बढ़ने लगती है क्योंकि वह उद्यम बहुत ही सरल और उपादेय हुआ करता है। इसके द्वारा थोड़ी मेहनत से ही सरलतापूर्वक जीवन निर्वाह हो सकता है। जितनी भूमि एक गाय के लिए आवश्यक है उतनी भूमि पर अन्न उत्पन्न करने से 8 मनुष्यों का पालन हो सकता है। अतएव प्रति वर्गमील भूमि पर खेती करके अधिक मनुष्य निर्वाह कर सकते हैं। किसान का अपनी भूमि से इतना निकट का सम्बन्ध होता है कि वह अपनी भूमि छोड़कर अन्यत्र नहीं जा सकता। खेतीबाड़ी के लिए उपजाऊ भूमि, यथेष्ट जल और गर्मी की आवश्यकता होती है। अस्तु, जिन प्रदेशों में ये तीनों बातें पायी जाती हैं वहाँ खेतीबाड़ी खूब हो सकती है और परिणामतः वहाँ जनसंख्या का जमाव भी अधिक होता है। यही कारण है कि उपजाऊ भूमि वाले नदियों के विस्तृत मैदान तथा भारत का सिन्धु-गंगा का मैदान, समुद्रतटीय-मैदान, चीन में यांगटिसीक्यांग का बेसिन, मिस्र में नील की घाटी आदि भागों में मध्य एशियाई पर्वतों अथवा अफ्रीका के पहाड़ों से लायी गयी उपजाऊ मिट्टी के जम जाने से तथा मानसूनी जलवायु के कारण पर्याप्त गर्मी और पानी की उपलब्धता होने के कारण जनसंख्या का विस्तार बहुत अधिक पाया जाता है। भारत, चीन तथा जापान के उपजाऊ प्रदेशों में क्रमशः 312, 500 और 300 मनुष्य प्रतिवर्गमील में पाये जाते हैं। भूमि की इस उर्वरा-शक्ति के कारण ही सिन्धु-गंगा के मैदानों में 40 करोड़, जावा में 1.5 करोड़ और थाईलैण्ड-इण्डोचीन में 1 से 1.5 करोड़ तक मनुष्य रहते हैं। यहाँ कई भागों में प्रतिवर्गमील पीछे 1000 से 2000 तक व्यक्ति रहते हैं। पूर्वी बंगाल में जनसंख्या का घनत्व 600 से 1000 और ग्रामीण चीन में 600 से 800 व्यक्ति प्रति वर्गमील का है। उत्तरी-पश्चिमी यूरोप के विस्तृत मैदानों का विशेषकर हॉलैण्ड, बेल्जियम, डेनमार्क, जर्मनी

और रूस के मैदानों का भी यही हाल है। उत्तरी अफ्रीका में वैज्ञानिक रीति की खेती, बड़े-बड़े कल-कारखाने, व्यापार और घनी आबादी के क्षेत्र मिसिसिपी के मैदान, अटलाण्टिक तटीय मैदान और महाद्वीपीय तटीय मैदान में ही स्थित हैं। वास्तव में दक्षिणी-पूर्वी एशिया के मानसूनी प्रदेश और यूरोप के शीतोष्ण खण्डों में विश्व की $\frac{1}{4}$ भूमि पर सम्पूर्ण जनसंख्या का $\frac{2}{3}$ भाग पाया जाता है। साथ ही यह बात भी ध्यान देने योग्य है कि कृषक जातियों को शिकारी तथा पशु चराने वाली जातियों की भाँति भोजन के लिए प्रतिदिन की दौड़-धूप नहीं करनी पड़ती। इस कारण ये जातियाँ कृषि-प्रधान देशों में अवकाश का समय शिक्षा, साहित्य, कला तथा अन्य विद्याओं के अध्ययन में व्यतीत करती हैं।

मैदान और मानव सभ्यता—आदिकाल से ही मैदान सभ्यता के केन्द्र रहे हैं। विस्तृत मैदानों में सभ्यता का विकास होता है जिससे मानव की भावनाएँ परिष्कृत और विशाल होती हैं किन्तु पहाड़ी भागों में एक छोटे देश की सभ्यता ठूँठ पेड़ की भाँति रह जाती है जिसमें न पत्तियाँ होती हैं, न फूल और न फल। मैदानों में अनेक जातियों के मिश्रण से विचारों में विशालता आती है। मानव मुख्यतः दयालु, अहिंसक और परोपकारी बन जाता है। भारत की सभ्यता बहुत प्राचीन है। इसका जन्म गंगा, सिन्धु के किनारे प्राचीन आर्यों द्वारा हुआ। इसी प्रकार चीन की सभ्यता का केन्द्र वीहो नदी की घाटी और मिन्न की सभ्यता का स्रोत नील नदी की घाटी था। यहाँ भी घाटियाँ चारों ओर पर्वतों से घिरी थीं। अतः बहुत काल तक विदेशी आक्रमणकारियों का कोई प्रभाव नहीं पड़ सका। इस प्राचीन सभ्यता में मनुष्य खेती द्वारा भरण-पोषण करके शेष समय दर्शनशास्त्र के अध्ययन, उसके मनन और अन्य बातों के सोचने में व्यतीत करता था। उसकी आवश्यकताएँ सीमित थीं और सरलतापूर्वक सन्तुष्ट भी हो जाती थीं किन्तु आधुनिक सभ्यता में इन बातों का कोई स्थान नहीं है। आज की सभ्यता भौतिक सभ्यता है, क्योंकि आज के मानव की आवश्यकताएँ असीम हैं और उनमें से प्रत्येक का पूरा करना भी बड़ा कठिन है। जिस घाटी अथवा प्रदेश में होकर नदियाँ बहती हैं उसे वे घनवान और समृद्धशाली बना देती हैं। वर्तमान भौतिक सभ्यता का जन्म-स्थान पश्चिमी यूरोप का वह निचला भाग है, जिसे नदियों ने बनाया है।

मैदान और मानव के व्यवसाय—मैदानों में जलवायु और मिट्टी के अनुसार अनेक प्रकार के व्यवसाय किये जाते हैं। जहाँ उपयुक्त जलवायु और उपजाऊ मिट्टी मिल जाती है, वे मैदान कृषि के प्रधान क्षेत्र बन जाते हैं। गंगा, सिन्धु, ह्वांगहो, नील, दजला, फरात और मिसिसिपी नदियाँ इसके उत्तम उदाहरण प्रस्तुत करती हैं। इनमें कृषि स्थायी रूप से की जाती है। गंगा और सिन्धु के मैदानों में गेहूँ, चावल, तिलहन, गन्ना, कपास, ज्वार, बाजरा तथा तम्बाकू बहुत पैदा होती हैं। ह्वांगहो की घाटी में चावल, सोयाफली; नील की घाटी में कपास, गेहूँ, गन्ना, तम्बाकू और मिसिसिपी के मैदान में कपास, रूई, मकई विस्तृत पैमाने पर पैदा की जाती हैं। किन्तु साइबेरिया के निचले भू-भाग और अमेजन की घाटी तथा दलदली भूमि अत्यधिक सर्दी और गर्मी के कारण कृषि-कार्यों के लिए अनुपयुक्त हैं। कृषि की दृष्टि से मिसिसिपी के मैदान अधिक महत्त्वपूर्ण हैं। पहले यहाँ पशु-पालन तथा बिसन भैंसों का शिकार ही किया जाता था किन्तु अब इनमें खाद्यान्न, उत्पादन और वैज्ञानिक ढंगों से पशु-पालन किया जाता है। नदियों द्वारा सिंचाई की जाकर एक बहुत बड़े क्षेत्र को उत्पादक बनाया जाता है। इसी कारण भारत को गंगा का दान, मिन्न को नील का दान और पाकिस्तान को सिन्धु नदी का दान कहा जाता है। किन्तु कभी-कभी ये नदियाँ बाढ़ के समय अपने निकटवर्ती क्षेत्रों में बड़ा विनाशकारी दृश्य उपस्थित कर देती हैं। वर्षाऋतु में भारत में ब्रह्मपुत्र, गंगा, कोसी, दामोदर, महानदी, गोदावरी, जमुना; चीन में ह्वांगहो और अमरीका में मिसिसिपी नदियाँ ऐसे ही दृश्य उपस्थित कर देती हैं जिससे अपार जन-धन की हानि होती है। अतएव नदियों पर अब बाँध बनाकर इनके जल को नियन्त्रित किया जा रहा है।

तटीय मैदानों में जल के एकत्रित होते रहने तथा जल-प्रवाह के ठीक न होने के कारण दलदल बन जाते हैं। ऐसे भागों में न केवल मिट्टियाँ खारी जलयुक्त होती हैं वरन् मैग्नोव-प्रभृति वन मिलते हैं तथा जनसंख्या का अभाव होता है। किन्तु अब मानव ने इन प्रदेशों के दलदलों को वैज्ञानिक ढंग से सुधारने का प्रयत्न किया है। बेल्जियम और हॉलैण्ड में इस प्रकार के प्रयास बड़े सफल हुए हैं। नीदरलैण्ड्स में तीन-चौथाई क्षेत्र समुद्र के धरातल से भी नीचा है, अतः अनेक बार लहरो के साथ समुद्र का जल भूमि की ओर बढ़ आता था। राइन, म्यूज तथा अन्य छोटी नदियों के डेल्टा में दलदली भूमि का आधिक्य होने से कृषि और अधिवास के लिए अनुपयुक्त स्थिति थी। अतः इस भूमि का पुनरुद्धार करने का कार्य आरम्भ किया गया। इसके अन्तर्गत निचले भागों से समुद्री जल को हटाया गया है। इसके तटीय भागों में बाँध बनाने का कार्य 10वीं शताब्दी से प्रारम्भ किया गया है। किन्तु महत्त्वपूर्ण योजना ज्वीडरजी को सुखाने की है। इसके अन्तर्गत ऊपरी भाग में बाँध बनाया गया है। इसकी लम्बाई लगभग 300 फुट है।

समुद्रतटीय मैदानों में मछली पकड़ने, मोती, घोंघे तथा सीपे एकत्रित करने का कार्य भी किया जाता है। अनेक मैदानी भागों में खनिज पदार्थ भी निकाले जाते हैं। टैक्सास तथा कम्बे, बंगाल की खाड़ी, थार के मरुस्थल आदि क्षेत्रों में पेट्रोलियम के विशाल भण्डार अनुमानित किये गये हैं। रूमानिया में भी मिट्टी का तेल निकाला जाता है। जर्मनी, बेल्जियम और फ्रांस के मैदानी भागों में कोयला मिलता है तथा भारत में स्वर्णरेखा और सोना नदियों की बालू से सोना प्राप्त होता है।

मैदान और यातायात के साधन—मैदानी भू-भागों में समतल भूमि और मुलायम धरातल होने से यातायात के साधनों के बनाने में बड़ी सुविधा होती है। मैदानों में न केवल रेल और सड़कें ही सुगमता से बनायी जा सकती हैं बल्कि नदियाँ भी धीमी बहने के कारण उत्तम जल-मार्ग प्रदान करती हैं। रेल-मार्गों की कमी के कारण यातायात का कार्य भारत की गंगा और ब्रह्मपुत्र; पाकिस्तान की सिन्धु, चीन की यांगट्सीक्यांग; यूरोप की राइन, रोन, डैन्यूब और वोल्गा तथा अमरीका की सेण्ट लॉरेंस और मिसिसिपी तथा दक्षिणी अमरीका की अमेजन नदियों पर निर्भर है। झील-प्रदेश, फ्रांस, जर्मनी या इंग्लैण्ड और रूस के मैदानों में नहरों द्वारा भी यातायात की सुविधा होती है। सपाट भूमि होने के कारण वायुयान ठहरने के स्थान भी मैदान में ही बनाये जाते हैं।

मैदान और सुरक्षा—मैदान चारों ओर से खुले और समतल होते हैं। अतः मैदानों में सुरक्षा का अभाव रहता है। कोई भी शत्रु आसानी से ऐसे भागों में पहुँच कर आक्रमण कर सकता है। भारत में गंगा, सिन्धु का मैदान और यूरोप में बड़ा मैदान तथा चीन में ह्वांगहो व यांगट्सीक्यांग नदियों के मैदान प्राचीन समय में आक्रमणकारियों के लक्ष्य रहे हैं। आज भी मैदानी भाग युद्ध के सर्वप्रथम कोपभाजन बनते हैं। द्वितीय महायुद्ध में जर्मन सेनाओं ने बिना कारण ही हॉलैण्ड और बेल्जियम को—मैदानी भाग होने से—रौंद डाला था।

मैदानों से जहाँ मानव को बहुत से लाभ हैं वहाँ बहुत-सी हानियाँ भी हैं। मैदानों में प्रायः खनिज पदार्थों का अभाव पाया जाता है जो आज की औद्योगिक उन्नति के लिए बहुत ही आवश्यक है। कुछ मैदान इतने गरम होते हैं कि वहाँ रहना बड़ा ही कष्टप्रद होता है। फिर ऐसे मैदान भी पाये जाते हैं जो या तो मरुस्थल हैं या घने जंगलों से ढके हैं। अतः ऐसे मैदानों का मानव के लिए कोई उपयोग नहीं है।

पठार (Plateaus)

पठार धरातल का एक विशिष्ट स्थल-रूप है। सम्पूर्ण धरातल का लगभग 18 प्रतिशत

भाग पठारो से घिरा हुआ है।¹ यद्यपि मानव आवास की दृष्टि से इनका अपेक्षाकृत कम महत्व है, किन्तु खनिज पदार्थों के तो ये अमूल्य कोष हैं। ससार के अधिकांश बहुमूल्य खनिज पठारों से ही प्राप्त होते हैं। इसके अतिरिक्त पठारों ने मानव-जीवन को अन्य कई प्रकार से भी प्रभावित किया है। अतः भौगोलिक अध्ययन में पठारों का महत्वपूर्ण स्थान है।

सामान्यतः पठार ऐसे भू-भाग को कहा जाता है जो अपने आसपास के स्थल से पर्याप्त ऊँचा हो और ऊपर से काफी चौड़ा और चपटा हो। वोरसेस्टर के अनुसार, "Plateaus are highlands with large summit areas" किन्तु उक्त परिभाषा से पठार की सभी विशेषताएँ प्रकट नहीं होतीं। अपितु यह एक बहुत ही भ्रमपूर्ण परिभाषा है, क्योंकि उच्च प्रदेश एक सापेक्षिक शब्द है। कई बार पठार पर्वतों से ऊँचे भी होते हैं जबकि कई स्थानों पर मैदान पठारों से भी ऊँचे हैं। अतः ऊँचाई की दृष्टि से पठारों और पर्वतों तथा पठारों और मैदानों में भेद करना सम्भव नहीं होता। पठार ऊपर से मेज की भाँति चपटे होते हैं जबकि पर्वत ऊपर से शिखरयुक्त होते हैं। मैदानों में ढाल सर्वत्र मन्द होता है और उसकी एक सीमा पर यकायक ऊँची भूमि आ जाती है, जबकि पठारों की एक सीमा ऐसी आती है जहाँ एकदम सपाट ढाल आ जाता है और यकायक नीची भूमि प्रारम्भ हो जाती है। अतः धरातल पर ऊँचे उठे हुए वे भाग जो ऊपर से समतल किन्तु एक अथवा उससे अधिक और अपने आसपास के भू-भाग से ढाल द्वारा अलग हो जाते हैं, पठार कहलाते हैं।

पठार की कुछ विशेष परिभाषाएँ निम्न प्रकार हैं :

"Tabular uplands having a relief of more than 500 feet may be arbitrarily defined as plateaus." —Finch and Trewartha

"A plateau is an extensive flattish area that has been uplifted without essential deformation." —Freeman and Raup

"Plateaus are those larger land features which have considerable relief, and at the same time, a surface more flat than sloping." —Seeman

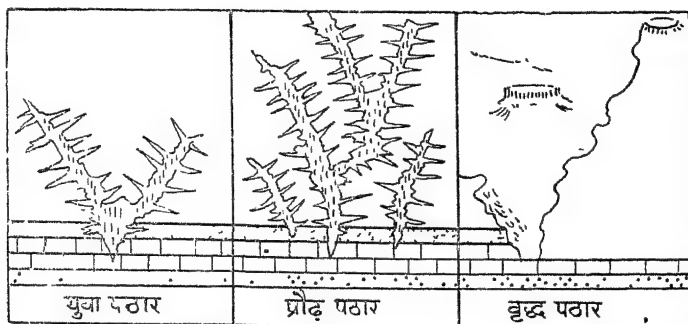
"Plateaus are characteristic of the youthful stage of the cycle of erosion." —Dr. R. N. Dubey

साधारणतः पठारों की ऊँचाई 600 फुट से 3000 फुट मानी गयी है परन्तु ससार में इनसे भी कई ऊँचे पठार हैं। उदाहरणतः संयुक्त राज्य अमरीका में कोलम्बिया पठार की ऊँचाई 7000 से 8000 फुट है। दक्षिणी अमरीका में बोलिविया का पठार 10,000 से 12,000 फुट ऊँचा है और एशिया में तिब्बत का पठार 20,000 फुट ऊँचा है। अधिकांश बड़े-बड़े पठार और कुछ छोटे पठारों का पर्वतों से घनिष्ठ सम्बन्ध होता है। इन पठारों की रचना या तो पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों के कारण समतल भू-भाग के ऊपर उठ जाने से अथवा उनके आसपास के भू-भाग के नीचे खिसक जाने से अथवा ज्वालामुखी क्रिया के कारण होती है। बहुत-से छोटे-छोटे पठार जो अपने निकटवर्ती स्थल से ऊपर उठे हुए पाये जाते हैं, अपरदन के परिणामस्वरूप बनते हैं।

जब किसी भी प्रकार से पठारों की रचना हो जाती है तो उन पर बाह्य शक्तियों का बड़ा शीघ्र प्रभाव होता है। ऊँचे उठे हुए होने के कारण इनका अपरदन बड़ी तीव्रता से होता है। स्थान-स्थान पर ये कट-फट जाते हैं। नदियों के कारण इन पर यत्र-तत्र गहरी और संकीर्ण घाटियाँ बन जाती हैं। कभी-कभी नदियों द्वारा इनका कटाव इतना अनोखा होता है कि इनका स्वरूप बिलकुल बदल जाता है। कहीं पर इनकी आकृति पर्वतों के समान और कहीं मैदानों के अनुरूप दिखाई पड़ने लगती है। वोरसेस्टर के शब्दों में, "The surfaces of plateaus may be plains like

¹ N. A. Bengston and W. Van Royen : *Fundamentals of Economic Geography*, p. 32

in quality, very flat, rolling or hilly, or they may be so dissected by streams and glaciers that it is difficult to recognise their original plateau characteristics.”



चित्र 414—पठारों की रचना

ऐसी अवस्था में इन भू-भागों के बीच भेद करना अति कठिन हो जाता है। डा० दुबे ने इसीलिए पठारों को अपरदन-चक्र की प्रारम्भिक अवस्था का द्योतक कहा है।¹

पठारों का वर्गीकरण

(Classifications of Plateaus)

पठार अपनी स्थिति, संरचना, आकृति, जलवायु एवं उत्पत्ति आदि बातों में एक-दूसरे से बहुत ही भिन्न होते हैं। इस कारण पठारों को किसी एक आधार पर विभाजित करना सम्भव नहीं है। प्रयोजन के अनुसार पठारों को कई प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है।

- (क) उत्पत्ति के आधार पर,
- (ख) स्थिति के आधार पर,
- (ग) जलवायु के आधार पर,
- (घ) आकृति के आधार पर,
- (ङ) संरचना के आधार पर।

उत्पत्ति के आधार पर पठारों का वर्गीकरण

पठारों के निर्माण की प्रक्रिया के आधार पर उनके निम्न भेद किये जा सकते हैं—(1) जलीय पठार, (2) वायव्य पठार, (3) हिम्य पठार, और (4) उत्स्यन्द पठार।

(1) **जलीय पठार** (Plateaus of Acqueous Origin)—जैसा इनके नाम से प्रकट है, इन पठारों की उत्पत्ति जल के द्वारा होती है। प्रायः जल में मिश्रित पठारों की ही उत्पत्ति होती है, परन्तु कभी-कभी साधारण पठार भी बन जाते हैं। जब नदियाँ समुद्र में प्रवेश करती हैं तो अपनी तलछट वही जमा कर देती हैं। यही तलछट कालान्तर में शिलाओं का रूप ले लेती हैं। कभी-कभी भू-गर्भिक हलचलों के कारण ये शिलाएँ पठार के रूप में समुद्र से बाहर आ जाती हैं। भारत का विन्ध्य पठार इसका सर्वोत्तम उदाहरण है। डा० चिम्बर के अनुसार यह पठार पूर्णतया बलुआ पत्थर से बना हुआ है। असम में चेरापूँजी का पठार बलुआ पत्थर की एक किस्म 'चेरा' पत्थरों से बना हुआ है। कई जगह पठार केवल चूने की चट्टानों से ही बने पाये जाते हैं। जैसे बर्मा का शान पठार चूने के पत्थरों से ही बना है।

¹ Dr. R. N. Dubey : *Physical Basis of Geography*, p. 194

(2) **वायव्य पठार (Plateaus of Aeolian Origin)**—ऐसे पठार वायु के परिवहन एवं निक्षेपण से बनते हैं। इन पठारों का सर्वोत्तम उदाहरण चीन के उत्तर-पश्चिम में स्थित लोयस पठार है। कुछ लोगों ने इस पठार की उत्पत्ति जल से मानी है परन्तु जर्मन वैज्ञानिक रिचटोफेन ने इसकी उत्पत्ति पछुआ हवाओं द्वारा स्वीकार की है। इस पठार के भीतर स्थल-जीवों के अनेक अवशेष मिले हैं जो वायु द्वारा इसकी उत्पत्ति को स्पष्ट करते हैं। इस पठार में नदियों ने बहुत ही गहरी घाटियाँ बना दी हैं। कई स्थानों पर घाटियों की दीवारें एकदम सीधी और सँकड़ो फुट ऊँची हैं। पश्चिमी पाकिस्तान के रावलपिण्डी जिले का पोटवार का पठार भी ऐसा ही पठार है। इसमें भी अनेक गहरी घाटियाँ हैं।

(3) **हिम्य पठार (Plateaus of Glacial Origin)**—धरातल के कई भू-भाग हिमानियों के अपरदन अथवा निक्षेप के फलस्वरूप पठारों में बदल गये हैं। जैसे कई स्थानों पर हिमानियों ने अपने मार्ग में पड़ने वाली पहाड़ियों को घिस-घिसाकर पठार में बदल दिया है। ग्रीनलैण्ड और अण्टार्कटिका के पठार महाद्वीपीय हिमनदों के प्रभाव का ही फल है। उत्तर प्रदेश में गढ़वाल का पठार भी हिम-घषित पठार बताया जाता है।

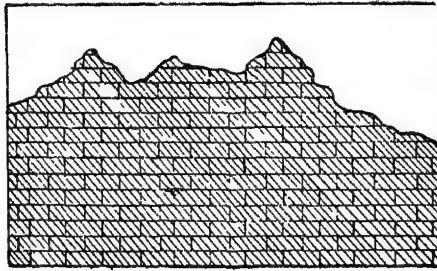
बहुत से पठार हिमानियों द्वारा निक्षेपित पदार्थों से बन गये हैं। जैसे जर्मनी के उत्तर-पूर्व में प्रशा का पठार इसी तरह बना है। कश्मीर में पाये जाने वाले 'मार्ग' (Margs) भी हिमानियों के निक्षेप का फल है।

(4) **उत्स्यन्द पठार (Plateaus of Effusive Origin)**—ऐसे पठारों की उत्पत्ति ज्वालामुखी के उद्गार से निकले लावा के चारों ओर फैलकर जम जाने से होती है। भारत में दक्षिण का पठार और संयुक्त राज्य अमरीका में कोलम्बिया का पठार इसके सर्वोत्तम उदाहरण हैं। दक्षिण का पठार क्रीटेशियस (Cretaceous) युग के अन्त में तथा कोलम्बिया का मियोसीन (Miocene) युग में लावा फैल जाने से बने हैं।

स्थिति के आधार पर पठारों का वर्गीकरण

स्थिति के अनुसार पठारों के चार वर्ग किये जाते हैं—(1) अन्तरपर्वतीय पठार, (2) पर्वत-पदीय पठार, (3) महाद्वीपीय पठार और (4) तटीय पठार।

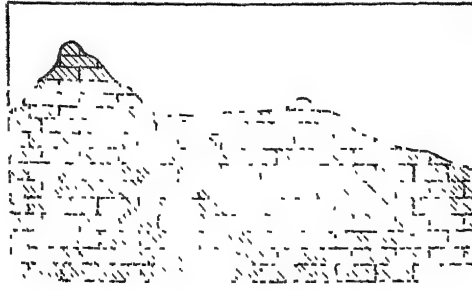
(1) **अन्तरपर्वतीय पठार (Intermont Plateau)**—जो पठार चारों ओर से पर्वतमालाओं द्वारा घिरे होते हैं, वे अन्तरपर्वतीय पठार कहलाते हैं। ये प्रायः काफी ऊँचे होते हैं, पर इनका विस्तार कम होता है। संसार के सर्वोच्च पठार इसी श्रेणी में आते हैं। इन पठारों का जन्म पर्वतों के बनने अथवा पर्वतों में मोड़ पड़ने के समय होता है। वस्तुतः ये पठार दो अभिनतियों अथवा सीमान्त



चित्र 415—अन्तरपर्वतीय पठार

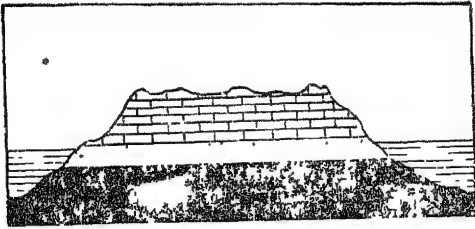
श्रेणियों के बीच विस्तृत मध्यपिण्ड (median mass) हैं। यही कारण है कि ये पठार ऊँची-ऊँची पर्वतमालाओं के बीच स्थित होते हैं। विश्व के सर्वोच्च पठार इसी श्रेणी में आते हैं। एण्डीज पर्वतों में स्थित बोलिविया का पठार समुद्र तल से 10-15 हजार फुट ऊँचा है। हिमालय से घिरा हुआ तिब्बत का पठार भी समुद्र-तल से तीन मील ऊँचा है। मंगोलिया और तारीम के पठार भी ऐसे ही पठार हैं। कभी-कभी ये पठार आन्तर-अपवाह प्रदेश बन जाते हैं।

(2) **पर्वतपदीय पठार (Piedmont Plateau)**—ऐसे पठार ऊँचे-ऊँचे पर्वतों की तलहटी में स्थित होते हैं। वस्तुतः ये पर्वतों के तल और मैदानों के बीच उठे हुए समतल भाग हैं। ये किसी ऊपर उठते हुए पर्वत के साथ मैदान के ऊपर उठ जाने से बनते हैं। साधारणतः ये पठार कुछ अपवादों को छोड़कर बड़े ही सकीर्ण और छोटे होते हैं और इनका ढाल प्रायः खड़ा होता है। दक्षिणी अमरीका में पेटेंगोनिया का पठार इसी श्रेणी में सम्मिलित किया जाता है। अप्लेशियन पहाड़ के पूर्व और पश्चिम में भी ऐसे पठार देखे जाते हैं।



चित्र 416—पर्वतपदीय पठार

(3) **महाद्वीपीय पठार (Continental Plateau)**—ऐसे पठार धरातल के ऊपर उठ जाने के कारण बनते हैं। परन्तु कभी-कभी लावा के अपरिमित निक्षेप से भी इनका जन्म हो जाता है। भारत में दक्षिण का पठार लावा की अनेक परतों के जमने से ही बना है। ये पठार स्थल के विशाल और विस्तृत उच्च प्रदेश हैं। ऐसे पठार समीप के भू-भाग से स्पष्ट ही ऊपर उठे हुए दिखाई देते हैं और सभी ओर खड़ा ढाल होता है। साधारणतः इन पठारों



चित्र 417—महाद्वीपीय पठार

का विस्तार बहुत अधिक होता है किन्तु कहीं-कहीं पर ये कम विस्तार के भी देखे जाते हैं। कम विस्तार वाले पठार अधिक विस्तार वाले पठारों के कट जाने के कारण बनते हैं। भारत में दक्षिण का पठार, यूरोप में बोहेमिया तथा स्पेन का पठार, आस्ट्रेलिया में पश्चिमी भाग का पठार तथा अरब और दक्षिणी अफ्रीका के पठार सब इसी श्रेणी में सम्मिलित किये जाते हैं।

(4) **तटीय पठार (Coastal Plateau)**—जो पठार समुद्र-तल पर स्थित होते हैं उन्हें तटीय पठार कहा जाता है। भारत में कारोमण्डल का पठार ऐसा ही पठार है।

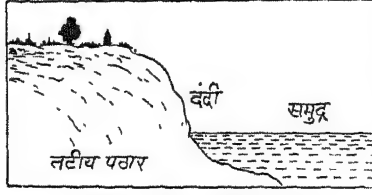


चित्र 418—तटीय पठार

जलवायु के आधार पर पठारों का वर्गीकरण

जलवायु के आधार पर पठारों के तीन भेद किये जाते हैं—(1) शुष्क पठार, (2) आर्द्र पठार, और (3) हिम पठार।

(1) शुष्क पठार (Arid Plateaus)—जो पठार शुष्क अथवा मरुस्थलीय प्रदेशों में



चित्र 419—नदीय पठार

स्थित होने हैं वे शुष्क पठार कहे जाते हैं। शुष्कता के कारण इन पठारों की भूमि प्रायः समतल होती है। यहाँ बहने वाली नदियाँ गहरी घाटियों का निर्माण करती हैं। विशेषकर जो नदियाँ बहुत ही घनी वर्षा वाले भागों से बहकर आती हैं वे शुष्क पठारों में अत्यन्त ही गहरी घाटियाँ काट देती हैं।

इन पठारों में बहने वाली नदियाँ कभी-कभी समुद्रों में न गिरकर अन्तःप्रवाही होती हैं। अतः वे किसी झील या बड़ी नदी में मिल जाती हैं, जैसे—तारिम के शुष्क पठार की नदियाँ। ऐसे पठारों की श्रेणी में पाकिस्तान का पोटवार का पठार भी शामिल किया जा सकता है।

(2) आर्द्र पठार (Humid Plateaus)—जो पठार घनी वर्षा वाले भागों में स्थित होते हैं, उन्हें आर्द्र पठार कहा जाता है। घनी वर्षा के कारण नदियाँ इन भागों के पठारों को काटकर ऊबड़-खाबड़ रूप दे देती हैं। असम में चेरापूँजी का पठार इसी कारण स्थान-स्थान पर कटा हुआ है। कहीं-कहीं पर नदियाँ पठार को इतना अधिक काट-छाँट देती हैं कि उस पठार का रूप ही बदल जाता है। जैसे आस्ट्रेलिया के पठार के पूर्वी भाग का पठारी रूप बिल्कुल ही समाप्त हो चुका है परन्तु आस्ट्रेलिया के पश्चिमी पठार का रूप ज्यों का त्यों बना हुआ है। स्पष्ट है कि आस्ट्रेलिया का पूर्वी भाग आर्द्र है और पश्चिमी भाग शुष्क। अतः पूर्वी भाग का पठार कट-कटाकर एक पर्वत के रूप में बदल गया है और पश्चिमी पठार बिल्कुल अप्रभावित है।

(3) हिम पठार (Ice Plateaus)—ये पठार सुदूर ध्रुव प्रदेशों में स्थित पाये जाते हैं और सदा बर्फ से ढके रहते हैं। ग्रीनलैण्ड और अण्टार्क्टिका इसके सर्वोत्तम उदाहरण हैं।

आकृति के आधार पर पठारों का वर्गीकरण

आकृति के अनुसार भी पठारों का भेद किया जा सकता है। इस दृष्टि से पठारों के चार भेद किये जा सकते हैं—(1) गुम्बदाकार पठार, (2) विच्छेदित पठार, (3) सीढ़ीनुमा पठार और (4) पुनर्युक्त प्रायः सम मैदान।

(1) गुम्बदाकार पठार (Dome-shaped Plateaus)—ऐसे पठारों का बाह्य रूप गुम्बद के समान गोलाकार होता है, इसलिए इन पठारों को गुम्बदाकार पठार कहते हैं। भारत में छोटा नागपुर का पठार इसका उदाहरण है।

(2) विच्छेदित पठार (Dissected Plateaus)—ऐसे पठार नदी-नालों के प्रभाव से बहुत ही कटे-फटे होते हैं, जैसे—असम का पठार।

(3) सीढ़ीनुमा पठार (Step-like Plateaus)—जैसा इनके नाम से विदित होता है, इन पठारों का धरातल सीढ़ियों के अनुरूप होता है। अतः ये सीढ़ीनुमा पठार कहलाते हैं। विन्ध्य का पठार इसका अच्छा उदाहरण है।

(4) पुनर्युक्त प्रायः सम मैदान (Rejuvenated Peneplain)—अरावली प्रदेश ऐसे ही मैदान का उदाहरण है।

संरचना के आधार पर पठारों के भेद

मैदानों की भाँति पठार भी संरचना में बहुत भिन्न होते हैं। संरचना की दृष्टि से पठारों के निम्न वर्ग किये जा सकते हैं—(1) अनुप्रस्थ शैल-स्तर वाले पठार, (2) बेसाल्ट लावा के पठार, एवं (3) प्राचीन स्फटीय चट्टानों के पठार।

(1) अनुप्रस्थ शैल-स्तर वाले पठार—ऐसे पठारों में आधारभूत स्फटीय चट्टानों के ऊपर अवसादी शैले लगभग अनुप्रस्थ रूप से बिछी हुई पायी जाती हैं। कोलम्बिया का पठार इसका उत्तम उदाहरण है। दक्षिणी अफ्रीका के विशाल पठार के ऊपर भी अवसादी शैल का ही प्रभुत्व देखा जाता है।

(2) बेसाल्ट लावा के पठार—पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका में कोलम्बिया का पठार लावा के पठार का अच्छा उदाहरण है। लावा के दरारी उद्भेदन में ऐसे पठारों की रचना होती है। इन पठारों पर लावा की अनुप्रस्थ तहें विभिन्न मोटाई की होती हैं। भारत में दकन के पठार के उत्तरी-पश्चिमी भाग की संरचना इसी प्रकार की है।

(3) प्राचीन स्फटीय चट्टानों के पठार—वाह्य शक्तियों के अपरदन के वशीभूत कई ऊँचे-पर्वत घिसकर समतल उच्च प्रदेश में बदल जाते हैं। पश्चिमी ऑस्ट्रेलिया का पठार इसका उदाहरण है। इसके अतिरिक्त पूर्वी ब्राजील, मध्य अफ्रीका एवं प्रायद्वीपीय भारत के पठार भी इसी श्रेणी में सम्मिलित किये जा सकते हैं।

पठारों का मानव-जीवन पर प्रभाव

यद्यपि पठार अपनी ऊँच-खावड़ प्रकृति के कारण मानव आवास की दृष्टि से विशेष उपयोगी नहीं होते, फिर भी उष्ण कटिबन्धीय भागों में गर्मियों में जहाँ मैदान बहुत अधिक गरम हो जाते हैं और लोगों का जीवन कष्टप्रद हो जाता है वहाँ पठार अपनी ऊँचाई के कारण लोगों को अपनी शीतलता से बड़ी राहत पहुँचाते हैं। यही कारण है कि उष्ण कटिबन्ध में अधिकांश लोग पठार पर ही बसना पसन्द करते हैं। इसके अतिरिक्त पठार मानव-जीवन को अन्य कई प्रकार से प्रभावित करते हैं जिनका वर्णन नीचे दिया जा रहा है :

पठार और खनिज सम्पत्ति—सामान्यतः पठारी प्रदेश प्राचीन कठोर चट्टानों से बने होते हैं। अधिकांश खनिज कठोर चट्टानों में ही पाये जाते हैं। अतः पठारी प्रदेश सदैव ही खनिजों के भण्डार होते हैं। उदाहरणतः विश्व में दक्षिणी अफ्रीका का पठार, दकन का पठार, पश्चिमी ऑस्ट्रेलिया का पठार, साइबेरिया में लीना का पठार, यूरोप में बोहेमिया का पठार, संयुक्त राज्य अमेरिका में कोलोरेडो, अरीजोना, यूटाह, ओहियो के पठार, केनेडियन शील्ड व ब्राजील का पठार अपनी सचित खनिज निधि के लिए प्रसिद्ध हैं। दक्षिणी अफ्रीका के पठार पर विश्व प्रसिद्ध हीरे, सोने व ताँबे की खानें हैं। लीना, पश्चिमी ऑस्ट्रेलिया व संयुक्त राज्य अमरीका में रॉकीज में स्थित पठार सोने के उत्पादन में बहुत ही अग्रणी हैं। भारत में अधिकांश कोयला, लोहा, मैंगनीज व अन्नक छोटा नागपुर के पठार और मुख्य दकन के पठार से ही खोदा जाता है। यूरोप के पठारी प्रदेश में लोहे व कोयले के अतुल भण्डार हैं। ब्राजील का पठार हीरे, सोना, मैंगनीज व लोहा आदि खनिजों के लिए प्रसिद्ध है। किसी भी देश की समुचित उन्नति वहाँ पाये जाने वाले खनिजों पर ही आधारित है। इसी दृष्टि से पठार किसी भी स्थान के आर्थिक जीवन को बड़ी सीमा तक प्रभावित करते हैं।

पठार और परिवहन के साधन—पठारी प्रदेश धरातल के अपेक्षाकृत कम ऊँचे भाग हैं। किन्तु इसका धरातल ठोस और दृढ़ होता है। यहाँ पत्थर एवं कंकड़ सरलता से उपलब्ध होते हैं। अतः पठारी भागों में सड़कें व रेलें बनाना सुगम होता है। भारत में अधिकांश पक्की सड़कें दक्षिण के पठारी भाग पर ही बनी हुई हैं। पठारों पर बनी सड़कों को बार-बार मरम्मत करने

की आवश्यकता नहीं पड़ती। यद्यपि ऊँचे पठारी भागों में रेलें निकालना थोड़ा कठिन होता है, परन्तु कम ऊँचे पठार रेलमार्ग बनाने के लिए उत्तम होते हैं। छोटा नागपुर के पठार की उन्नति में बहुत बड़ा योग्य वहाँ की सड़कों और रेलों का ही है।

पठार और वनस्पति—पठारी भाग प्रायः प्राकृतिक वनस्पति में बहुत ही सम्पन्न होते हैं। अच्छी वर्षा वाले पठारों पर संघन जंगल मिलते हैं जो देश को आर्थिक समृद्धि के लिए अत्यन्त आवश्यक होते हैं। कई पठारों पर वर्षा की कमी के कारण अच्छी घास पैदा होती है। सामान्यतः पठारों के निचले ढालों पर भी घास पायी जाती है। ऐसे सभी पठार जहाँ प्रचुर मात्रा में घास पैदा होती है, पशुपालन व्यवसाय के लिए बहुत महत्वपूर्ण होते हैं। दक्षिणी अफ्रीका का वेल्ड का पठार और आस्ट्रेलिया के पूर्वी पठार घास की प्रचुरता के कारण ही पशुपालन व्यवसाय में उन्नति कर गये हैं। पेटेगोनिया, साइबेरिया और एशिया माइनर का पठार भेड़-पालन के लिए प्रसिद्ध है। इन प्रदेशों से काफी ऊन निर्यात होती है।

पठार और जनसंख्या—पठार अधिकतर पथरीले तथा ऊँचे-नीचे होते हैं। अतः पठारी भागों पर समतल उपजाऊ भूमि का अभाव पाया जाता है। समतल भूमि के अभाव के कारण यहाँ कृषि की विशेष उन्नति नहीं हो पाती है। परिणामस्वरूप वहाँ जनसंख्या भी अपेक्षाकृत कम पायी जाती है। कुछ पठार अपवादस्वरूप बहुत उपजाऊ होते हैं। ऐसे स्थानों पर जनसंख्या भी अधिक मिलती है। उदाहरणतः, भारत में मालवा का पठार लावा से बना होने से बहुत ही उपजाऊ है और घना बसा हुआ है। अधिकांश पठारों पर जनसंख्या खनिज-केन्द्रों के आसपास बढ़ जाती है। जैसे ग्रेट आस्ट्रेलियन मरुस्थल पर कालगुर्ली और कूलगार्डी नगर और दक्षिणी अफ्रीका के पठार पर किम्बरले तथा छोटा नागपुर के पठार पर रानीगज, झरिया, बोकारो आदि नगर इसी प्रकार जनसंख्या के घने केन्द्र बने हैं। पठारों पर अधिकांश लोग लकड़ी काटने, गेद, लाख व छाल आदि पदार्थ एकत्रित करने व भेड़ चराने आदि का कार्य करते हैं। इन व्यवसायों में अधिक जनसंख्या की गुजर एक जगह नहीं हो सकती। यही कारण है कि पठारों पर जनसंख्या कम पायी जाती है। पठारों पर ज्यादातर घुमक्कड़ (nomads) और पिछड़े हुए आदिवासी जाति के लोग रहते हैं।

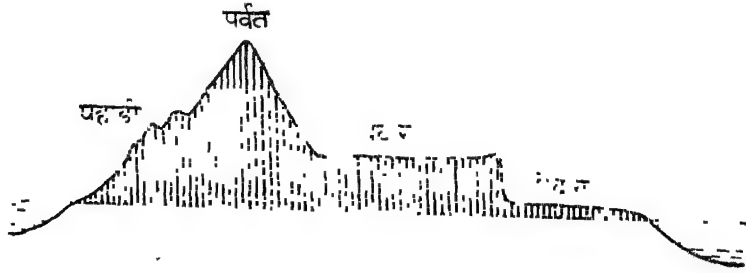
पठार और जलवायु—किसी भी स्थान पर मानव-जीवन की उन्नति बहुत कुछ वहाँ पायी जाने वाली जलवायु पर निर्भर करती है। यद्यपि पठारों की औसत ऊँचाई 2000 फुट मानी गयी है किन्तु कुछ पठार पर्वतों से भी अधिक ऊँचे हैं। उदाहरणतः, बोलिविया का पठार 12,000 फुट और तिब्बत का पठार 18,000 फुट ऊँचा है। ऐसे कुछ और भी ऊँचे पठार हैं। इन पठारों की अत्यधिक ऊँचाई के कारण यहाँ की जलवायु बहुत ठण्डी है। कई पठार अपनी स्थिति के कारण सदैव हिम से ढके रहते हैं, जैसे ग्रीनलैण्ड एवं अण्टार्क्टिका। ये एक प्रकार के शीत मरुस्थल हैं। कुछ पठार ऊँची-ऊँची पर्वतमालाओं से घिरे होने से समुद्री हवाएँ वहाँ पहुँचने में असमर्थ रहती हैं। अतः ये वृष्टि-छाया प्रदेश हो गये हैं। कई पठार अत्यन्त रेखाओं पर स्थित होने से प्रचलित हवाओं से दूर पड़ जाते हैं, अतः ऐसे पठार वर्षा से वंचित रह जाते हैं। वर्षा न होने से ये पठार बिल्कुल शुष्क रहते हैं, जैसे तिब्बत का पठार और पश्चिमी आस्ट्रेलिया का पठार आदि। सामान्यतः पठारों पर घनी वर्षा होती है। किन्तु घनी वर्षा से लाभ होने के बजाय हानि ही अधिक होती है। जिन पठारी भागों में जल-प्रवाह की उत्तम व्यवस्था नहीं होती वे दलदल में परिणत हो जाते हैं और मलेरिया आदि रोगों के घर बन जाते हैं। इस प्रकार कई पठार अत्यधिक ठण्डी, शुष्क अथवा आर्द्र जलवायु के कारण मानव-निवास के लिए अनुपयोगी होते हैं। इसके विपरीत कई पठार अपनी स्वास्थ्यवर्द्धक जलवायु के कारण मानव के आकर्षण-केन्द्र होते हैं।

पठार और कृषि—कृषि मानव का प्रमुख व्यवसाय है। कृषि के लिए समतल व उपजाऊ भूमि चाहिए। परन्तु पठारों पर समतल भूमि का अभाव पाया जाता है। पठारों की भूमि बहुत ही ऊबड़-खाबड़ होती है। अतः वहाँ कृषि करना सम्भव कम होता है। कई पठार अत्यधिक शीतलता अथवा गुप्तता के कारण कृषि के लिए अनुकूल नहीं होते। कई पठारों पर यद्यपि कृषि के लिए समतल भूमि उपलब्ध है किन्तु पानी की कमी, सिंचाई की असुविधा व ऊँचाई आदि कारणों से आवागमन की कठिनाइयों के फलस्वरूप वहाँ कृषि का विकास नहीं हो पाता। इसके विपरीत, कुछ पठार जो सामान्य ऊँचाई वाले हैं तथा उपजाऊ लावा मिट्टी से बने हुए हैं, कृषि के लिए बड़े ही महत्वपूर्ण क्षेत्र बन गये हैं। जैसे भारत में दक्कन के पठार पर कपास की अच्छी खेती की जाती है।

प्रमुख स्थल रूप—पर्वत (MAJOR LANDFORMS—MOUNTAINS)

पृथ्वी के प्रमुख स्थल-रूपों का उनकी रचना के आधार पर अध्ययन भूगोल का बड़ा ही रुचिकर क्षेत्र है। जिस रीति से इन स्थल-रूपों का विकास हुआ है वह उनके वर्गीकरण का ठोस आधार प्रदान करती है। स्थल-रूपों का ऐसा वर्गीकरण और भू-पटल पर उनका वितरण, पृथ्वी पर मनुष्य के वर्तमान वितरण और वातावरण के साथ उसके विभिन्न सम्बन्धों को समझने के लिए अधिक उत्तम विचार प्रस्तुत करता है।

पृथ्वी का धरातल सर्वत्र एकसा नहीं है। यह कहीं ऊँचा और कहीं नीचा है, कहीं समतल और कहीं ऊबड़-खाबड़ है। कहीं इस पर घाटियाँ और कहीं दरारे हैं, कहीं ज्वालामुखी और कहीं



चित्र 420—पर्वत, पठार तथा मैदान

द्वीप हैं, कहीं पठार और कहीं पर्वत हैं। इस प्रकार धरातल पर अनेक स्थल-रूप दिखाई पड़ते हैं, किन्तु प्रधान स्थल-रूप तीन हैं—(1) पर्वत, (2) पठार और (3) मैदान। मानव-जीवन पर इन तीनों स्थल-रूपों का प्रभाव पड़ता है।

पर्वत धरातल के ऊँचे स्थल-भाग हैं। पृथ्वी के स्थल-रूपों में इनका विशिष्ट स्थान है। इनका रूप इतना मनोरम और कौतूहलपूर्ण होता है कि ये बरबस ही मानव-मन को आकर्षित कर लेते हैं। यद्यपि सम्पूर्ण धरातल का केवल 27 प्रतिशत भाग ही पर्वतों से घिरा हुआ है¹ किन्तु फिर भी ये मानव-जीवन को अनेक प्रकार से प्रभावित करते हैं। ये न केवल मनुष्य के लिए मनोरंजन एवं स्वास्थ्यवर्द्धक स्थल ही प्रस्तुत करते हैं अपितु ये मानव के व्यवसाय, व्यापार, परिवहन

¹ N. A. Bengston and W. Van Royen : *Fundamentals of Economic Geography*, p. 32.

मार्ग, जलवायु और जनसंख्या आदि पर जिस प्रकार प्रभाव डालते हैं उसके फलस्वरूप पर्वतों का अध्ययन भूगोल का एक अपरिहार्य और अभिन्न अंग बन गया है।

पर्वत प्रमुख रूप से धरातल के ऊँचे स्थल-भाग हैं। ये अपने आस-पास के क्षेत्र से यथेष्ट ऊँचे उठे हुए होते हैं। आधार की अपेक्षा इनका शीर्ष-क्षेत्र छोटा और पृष्ठ (surface) का अधिकांश भाग तीव्र ढालयुक्त होता है। समतल भूमि से इनका ढाल प्रायः 26° से 35° का कोण बनाते हुए होता है। ये अपनी ऊँचाई, ढाल और सकीर्ण शीर्ष-क्षेत्रों के द्वारा ही मैदानों एवं पठारों से भिन्न होते हैं। अधिकांशतः पर्वत अपने आकार, प्रकार और रूप में इतने विचित्र और भिन्न होते हैं कि प्रायः एक विस्तृत पहाड़ी और पर्वत में कोई अन्तर ज्ञात नहीं होता। किन्तु पर्वत सामान्यतः पहाड़ियों की अपेक्षा अधिक ऊँचे और अधिक बड़े होते हैं। पहाड़ियों की अपेक्षा पर्वत अधिक विषम और जटिल प्रकृति के होते हैं। यो विशाल पर्वत सहज ही अलग पहचाना जा सकता है परन्तु एक नीचे पर्वत और पहाड़ी में भेद करना प्रायः असम्भव होता है। क्योंकि समुद्र-तल से किसी पर्वत और पहाड़ी की ऊँचाई का कोई महत्त्व नहीं है। महाद्वीपों के भीतर स्थित कई पर्वत और पहाड़ियों के आधार ऊँचाई में अक्सर सैकड़ों फुट होते हैं। अतः पर्वत और पहाड़ी के बीच अन्तर मुख्यतः स्थानीय ऊँचाई-नीचाई के आधार पर ही किया जा सकता है।

प्रो० फिच के अनुसार जो भू-भाग अपने आसपास के क्षेत्र से 2000 फुट से अधिक ऊँचा हो, पर्वत कहलाता है। इस दृष्टि से ऊँचे-नीचे तल वाले ऐसे अनेक भू-भाग जो स्थानीय रूप से पर्वत कहे जाते हैं, सहज ही पर्वतों के क्षेत्र से अलग हो जाते हैं।

सेलिसबरी ने पर्वतों की व्याख्या करते हुए कहा कि “पर्वत स्थल के वे भाग हैं जो अपनी पर्याप्त ऊँचाई के कारण अपने समीपवर्ती क्षेत्र की अपेक्षा बहुत स्पष्ट होते हैं, किन्तु उनके शीर्ष का विस्तार बहुत कम होता है।”

(“Mountains are conspicuously highlands which have but slight summit areas.”)

फ्रीमेन के अनुसार, “Mountains are earth features of greater relief than hills, their surfaces normally have less level land than plateaus or plains.”

सीमेन के अनुसार, “Mountains are those major landforms which have slight summit area and considerable relief.”

पर्वतों की ऊपर वर्णित विशेषताओं को दृष्टिगत रखकर कह कहा जा सकता है कि स्थल का वह भू-भाग जो अपने समीपीय क्षेत्र से कम से कम 2000 फुट से अधिक ऊँचा हो और शीर्ष चोटीनुमा तथा पृष्ठ तीव्र ढालयुक्त हो, पर्वत कहलाता है।

पर्वतों की उत्पत्ति

(Origin of Mountains)

पर्वतों की उत्पत्ति का विषय बड़ा ही विवादास्पद है। यद्यपि पर्वतों की रचना में सम्पीडन (compression) ही प्रमुख शक्ति है। किन्तु यह सम्पीडन शक्ति कहाँ से और कैसे उत्पन्न होती है, इस बारे में विद्वानों में बड़ा मतभेद है। इसके अतिरिक्त पर्वतों की निर्माण-क्रिया के सम्बन्ध में भी विद्वानों के भिन्न-भिन्न विचार हैं। अतः पर्वतों के निर्माण के सम्बन्ध में कुछ सिद्धान्तों की विवेचना नीचे प्रस्तुत की जा रही है :

(1) तापीय संकुचन का सिद्धान्त (The Thermal Contraction Theory)—हम यह भलीभाँति जानते हैं कि पृथ्वी को अपने वर्तमान रूप तक आने में कई अवस्थाओं से होकर गुजरना पड़ा है। पृथ्वी का आदि-रूप भट्टी में खोलते हुए पदार्थों के समान था। धीरे-धीरे ठण्डी होकर पृथ्वी द्रव अवस्था को प्राप्त हुई और अन्त में द्रव से वह ठोस अवस्था में बदल गई। इस प्रकार

पृथ्वी का ऊपरी धरातल सर्वत्र ही ठोस है परन्तु उसका अन्तरंग (interior) आज भी उत्पन्न है। किन्तु पृथ्वी के शीतल होने की क्रिया बराबर जारी है। विकिरण (radiation) द्वारा पृथ्वी की आन्तरिक गर्मी निरन्तर नष्ट होती रहती है जिससे पृथ्वी शीतल हो रही है। शीतल होने पर प्रत्येक पदार्थ सिकुड़ता है और अपने आयतन में घट जाता है। पृथ्वी के अन्तरंग में भी ताप की कमी के साथ-साथ संकुचन हुआ जिससे उसका पदार्थ सिकुड़ गया। अन्तरंग के पदार्थ के सिकुड़ने पर उसका पृथ्वी के ऊपरी ठोस स्तर से अलग हो गया। पृथ्वी का ऊपरी ठोस स्तर अब बिना सहारे के रह गया। फलतः गुरुत्वाकर्षण शक्ति के वशीभूत अब वह नीचे की ओर धँसने लगा जिससे उस पर दबाव पड़ा। इस दबाव के कारण ही पृथ्वी का धरातल ऊँचा-नीचा हो गया और उस पर पर्वत बन गये।

शीतल होने पर प्रत्येक पदार्थ सिकुड़ता है और वह अपने आयतन में घट जाता है। इस आधार पर पृथ्वी का शीतल होना भी कुछ समझ में आता है। किन्तु इस सिद्धान्त में तेजोद्गार (radio-active) पदार्थों का कोई ध्यान नहीं रखा गया है। इन पदार्थों के वियोजन से पृथ्वी के भीतर बड़ी मात्रा में ताप उद्विकसित होता है। ऐसा अनुमान लगाया जाता है कि पृथ्वी के भीतर इन पदार्थों से विकसित ताप की मात्रा विकिरण द्वारा खोये हुए ताप की मात्रा से अधिक होती है। अतः भू-पटल के सिकुड़ने का कोई प्रश्न ही नहीं उठता है। इस प्रकार यह सिद्धान्त तेजोद्गार पदार्थों के विचार के अभाव में असत्य सिद्ध होता है।

उपरोक्त सिद्धान्त के गलत सिद्ध हो जाने पर जैफ्रे (Geffreys) ने इसकी पुनः जाँच की। काफी खोजबीन के बाद वह गणित द्वारा इसकी नवीन व्याख्या देने में सफल हुआ। इसकी इस नवीन व्याख्या से तापीय संकुचन का सिद्धान्त फिर से मान्य हो उठा।

जैफ्रे की धारणा है कि भू-पृष्ठ की रचना से लेकर आज तक पृथ्वी के भीतरी मध्य भाग के तापमान में विशेष परिवर्तन नहीं हुआ है। उसने गणना करके बताया है कि इस भाग पर शीतल होने की क्रिया का कोई प्रभाव नहीं हुआ। किन्तु इसके ऊपर की विभिन्न परतों में शीतल होने की क्रिया घटित होती है। इन परतों में से कोई भी परत एक नियत अवधि में अपने से नीची वाली परत से अधिक शीतल हो जाती है। शीतल होने पर वह सिकुड़ने की चेष्टा करती है। परन्तु नीचे की उष्ण परत उसके सिकुड़ने में बाधा डालती है। फलतः वहाँ प्रत्याबल की अवस्था (state of stress) उत्पन्न हो जाती है। ये प्रत्याबल इस प्रकार वहाँ नीचे बराबर एकत्रित होते रहते हैं और जब उनकी शक्ति चट्टानों की परिदृढ़ता (rigidity) से बढ़ जाती है तो पर्वत-निर्माणकारी हलचलें प्रारम्भ हो जाती हैं। ये हलचलें तब तक होती रहती हैं जब तक कि प्रत्याबल की अवस्था एकत्र नहीं हो जाती। प्रत्याबलों के समाप्त हो जाने पर पर्वत-निर्माण क्रिया भी बन्द हो जाती है। किन्तु धीरे-धीरे जब प्रत्याबल पुनः बहुत अधिक एकत्रित हो जाते हैं तो फिर से पर्वत-निर्माण क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। इस प्रकार पर्वत-निर्माण का यह चक्र बराबर चलता रहता है।

यद्यपि इस सिद्धान्त ने पर्वत-निर्माण क्रिया को समझने में बड़ी सहायता पहुँचाई है किन्तु अनेक बातों से इसकी यथार्थता सिद्ध नहीं होती।

इस सिद्धान्त को मान लेने में सबसे बड़ी कठिनाई यह है कि यदि पृथ्वी के शीतल होने और भीतरी भागों में सिकुड़न पड़ने से ही धरातल पर पर्वतों की रचना होती है तो फिर भू-पटल पर सर्वत्र पर्वत रचना होनी चाहिए, परन्तु पर्वत रचना धरातल के कुछ विशेष भागों में ही सीमित देखी जाती है। दूसरे जैफ्रे की धारणा के अनुसार धरातल पर पर्वतों का निर्माण निरन्तर होते रहना चाहिए था परन्तु अध्ययन करने से यह पता चलता है कि पर्वतों का निर्माण कुछ निश्चित समय के अन्तर पर ही हुआ है। जैफ्रे ने इस सम्बन्ध में यह उक्ति प्रस्तुत की है कि 'प्रत्याबल चट्टानों की इस सीमा से अधिक नहीं हो जाता तब तक चट्टानों पर उसका कोई प्रभाव नहीं होता, इसलिए

पर्वत-निर्माण के समय में अन्तर रहता है। उसने धरातल पर बिछी हुई ग्रेनाइट चट्टानों को आधार मानकर गणना द्वारा यह निष्कर्ष निकाला है कि पृथ्वी के जन्म से लेकर आज तक धरातल पर पर्वत-निर्माण के पाँच युग हुए हैं। यद्यपि उसका यह निष्कर्ष बहुत कुछ सही है परन्तु उसमें एक त्रुटि है। जैफ्रे के अनुसार, ज्यो-ज्यो पृथ्वी शीतल होती गयी, त्यो-त्यो पर्वत-निर्माण की अवधि में भी अन्तर बढ़ता गया। परन्तु इसने विपक्ष में ऐसे कई प्रमाण हैं जिनसे यह सिद्ध होता है कि पर्वत-निर्माण के बीच का अन्तर प्रायः समान रहा है।

जैफ्रे ने धरातल का संकुचन केवल शीतल होने की क्रिया से ही माना है। जबकि धरातल में यह संकुचन भीतरी द्रव पदार्थ (magma) में रवे बनने की क्रिया तथा अन्तरंग से वाष्प तथा गैसों के निकलने से भी होता है। किन्तु उसने इनकी कोई गणना नहीं की है। अतः अपनी गणना से जितना संकुचन वह मानता है वह वास्तविक संकुचन के बराबर नहीं है।

कई विद्वानों ने यह भी शंका प्रकट की है कि क्या दो अरब वर्षों में पृथ्वी इतनी शीतल हुई होगी कि जिससे आल्प्स और हिमालय जैसे पर्वतों की रचना हो सके। वस्तुतः इन पर्वतों की रचना के लिए जिस संकुचन मात्रा की आवश्यकता है वह पृथ्वी की शीतल होने की क्रिया से असम्भव प्रतीत होती है।

(2) डेली की महाद्वीपों के विसर्पण सम्बन्धी परिकल्पना (Daly's Theory of Sliding Continents)—पर्वत-निर्माण के सम्बन्ध में डेली (Daly) की धारणा यह है कि जब भू-अभिनति (geo-syncline) के अवसाद की मात्रा बहुत अधिक हो जाती है तो वह भार के कारण नीचे दबती जाती है। इस प्रकार के दबाव अथवा पदार्थ के नीचे धंसने से उसकी गहराई बढ़ती जाती है और उसकी ओर स्थलखण्डों का अधःसर्पण (down-sliding) होने लगता है। इस अधःसर्पण के फलस्वरूप उसका नितल (bottom) फट जाता है जिससे स्थलखण्डों के अनेक टुकड़े बेसाल्ट में नीचे धँस जाते हैं। धरातल के इस अधःस्तर में ताप की अधिकता रहती है। ताप की अधिकता से यहाँ स्थल के टुकड़े तथा भू-अभिनति के अवसाद गरम होकर फैलने लगते हैं। फैलने की उनकी इस क्रिया से धरातल से लगी हुई अवसादी चट्टानों में उदग्र गति होने लगती है जिससे पर्वत-निर्माण होता है।

इस परिकल्पना की सबसे बड़ी त्रुटि यह है कि जहाँ इससे उन्मज्जन अथवा उदग्र गति स्पष्ट हो जाती है वहाँ यह क्षितिजोत्तर गति को स्पष्ट करने में एकदम असफल रही है। पर्वतों में मोड़ अथवा भजन किस प्रकार हुआ इस पर डेली ने कोई विचार ही नहीं किया है।

(3) वेगनर का महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त (Continental Drift Theory of Wegner)—महाद्वीपों के जन्म के बारे में अध्ययन करते समय हम पीछे वेगनर के प्रवाह सिद्धान्त पर भली प्रकार विचार चुके हैं। प्रवाह सिद्धान्त केवल महाद्वीपों की उत्पत्ति को ही स्पष्ट नहीं करता, अपितु यह पर्वत-निर्माणकारी हलचलों को भी समझाता है। वेगनर का कहना है कि प्रवाहित महाद्वीपों के अग्र भाग (frontal edges) जब महासागरों के अवरोधी (resistant) नितल से टकराते हैं तो वे अग्र भंजित (folded) हो जाते हैं अथवा उनमें दरार पड़ जाती है। विश्व के सभी बड़े-बड़े पर्वतों की रचना इसी प्रकार हुई है। इस सम्बन्ध में प्रसिद्ध भू-गर्भशास्त्री आरगण्ड (Argand) और स्टॉब (Staub) ने अपना मत प्रकट करते हुए बताया है कि अफ्रीका महाद्वीप के उत्तर की ओर प्रवाहित होने से टेथिस महासागर के पदार्थ भंजित हुए और उनसे आल्प्स पर्वतमाला की रचना हुई। इसी प्रकार एशिया के अवरोधी स्थलखण्ड साइबेरिया के दक्षिण की ओर खिसकने से गोडवाना भूमि से टकरकर हुई जिससे हिमालय पर्वतमाला का निर्माण हुआ। रांकीज तथा एण्डोज पर्वतों की रचना भी उत्तरी तथा दक्षिणी अमरीका के प्रवाहित होने व प्रशान्त महासागर की तली से टकरकर होने के कारण हुई बताते हैं।

यह सिद्धान्त यद्यपि वर्तमान समय में बहुत अधिक मान्य हुआ है किन्तु इसे ज्यों का त्यों मान लेने में सबसे बड़ी कठिनाई यह है कि जिन शक्तियों के वशीभूत महाद्वीप प्रवाहित होते हैं उन शक्तियों के बारे में वेगनर ने कोई चर्चा नहीं की है। दूसरे, वेगनर ने महाद्वीपों को इतनी भिन्न दिशाओं में खिसकते हुए बताया कि उनका कोई सूत्र ही समझ में नहीं आता। अतः जब तक उन शक्तियों का स्पष्टीकरण नहीं हो जाता, जिनसे महाद्वीपों का प्रवाह हुआ है तब तक यह सिद्धान्त स्वीकार नहीं किया जा सकता।

(4) भू-सन्तुलन के पुनःस्थापन का सिद्धान्त (Theory of Isostatic Re-adjustments)—भू-सन्तुलन सिद्धान्त के प्रणेता प्रसिद्ध अमरीकी भू-गणितवेत्ता (geodesists) हेफोर्ड तथा बोवी हैं। इन विद्वानों की मान्यता है कि यदि हम भू-पटल के ऊपरी स्तर को समान आधार (base) मान लें तो भू-पटल को समान ऊँचाई वाले एक से स्तम्भों में बाँटा जा सकता है। साधारणतः इन स्तम्भों में सन्तुलन बना रहता है। किन्तु अनावृष्टादन की शक्तियाँ धरातल के उच्च भागों को सदैव काटती रहती हैं। फलतः उच्च भू-भाग अपरदन के कारण घिसकर क्षीण होते जाते हैं और उनका भार घटता जाता है। इसके विपरीत अपरदित पदार्थ महासागरों में जमा होता जाता है जिससे उनका भार बढ़ता जाता है। अतः जब धरातल के पर्वत-स्तम्भों का भार बहुत अधिक घट जाता है और सागर-स्तम्भों का भार बढ़ जाता है तो सन्तुलन की दशा बिगड़ जाती है। फलतः सन्तुलन को ठीक बनाये रखने के लिए धरातल के लम्बवत भू-खण्ड ऊपर-नीचे होते हैं। पर्वत-स्तम्भ हल्के होने से ऊपर उठ जाते हैं और सागर-स्तम्भ भारी होने से नीचे बैठ जाते हैं। इस प्रकार धरातल के लम्बवत भू-खण्ड रूपी स्तम्भों के ऊपर उठने और नीचे धंसने से पर्वतों का निर्माण होता है।

यह सिद्धान्त सरल और सहजग्राह्य है किन्तु जैसा पर्वतों की रचना के लिए आवश्यक है, इसमें क्षितिजोत्तर हलचलों (horizontal movements) का कोई उल्लेख नहीं है। केवल उदग्र गतियों से ऐसे बलित पर्वत नहीं बन सकते। सम्भव है कि सन्तुलन की दशाओं का पर्वत-निर्माण पर प्रभाव होता हो परन्तु उससे विशाल पर्वतों की रचना नहीं हो सकती। अतः यह सिद्धान्त पूर्ण सत्य न होकर आंशिक रूप से ही सत्य है।

(5) पृथ्वी की आवर्तन गति में अन्तर पड़ने का सिद्धान्त (Change in Earth's Rotation)—कई वैज्ञानिकों का यह मत है कि महासागरों में उत्पन्न ज्वार-लहर उथले सागरों में पहुँचने पर उसकी तली को धक्का लगाती है जिससे इस भू-भाग में कृच्छ्र (contraction) होती है। इस कृच्छ्र के कारण पृथ्वी की भ्रमण गति मन्द पड़ जाती है। किसी भी भ्रमणशील वस्तु का आकार सदैव उसके घूमने की गति के अनुरूप ही होता है। यदि घूमने की गति में अन्तर पड़ता है तो उसके आकार में अन्तर पड़ना भी निश्चित और स्वाभाविक है, अतः संकुचन के कारण पृथ्वी की भ्रमण गति में अन्तर पड़ने से भूमध्य रेखा के समीप एकत्रित पदार्थ ध्रुवों की ओर बढ़ने लगता है। इस परिवर्तन के फलस्वरूप भू-पटल पर तनाव और खिचाव पैदा होता है जिससे धरातल पर ऊँचे-नीचे स्थान बन जाते हैं।

पर्वत-निर्माण के सम्बन्ध में यह सिद्धान्त बड़ा ही दोषपूर्ण है। अनेक प्रमाणों के आधार पर यह सिद्धान्त असत्य सिद्ध हो चुका है। प्रथम तो ऐसा कोई प्रमाण हमें उपलब्ध नहीं होता कि भूमध्य रेखा पर एकत्रित पदार्थ ध्रुवों की ओर हट रहा है। दूसरे, अनेक प्रमाणों द्वारा यह भी सिद्ध किया जा चुका है कि इस प्रकार के संघर्ष से उत्पन्न संकुचन पर्वत-निर्माणकारी हलचलों के लिए कदापि पर्याप्त नहीं हो सकता।

(6) जौली का तापीय-चक्र सिद्धान्त (Thermal Cycle Theory of Jolly)—इस सिद्धान्त की विस्तृत विवेचना पीछे महाद्वीपों की उत्पत्ति पर विचार करते समय की जा चुकी है। जौली की मान्यता है कि महाद्वीपीय भाग जो सियाल (sial) के बने हुए हैं सीमा (sima) पर

तैर रहे हैं। महाद्वीपों के नीचे सीमा वाले स्तर को अधःस्तर (substratum) कहा जाता है। इस अधःस्तर में बड़ी मात्रा में तेजोद्गार पदार्थ विद्यमान है जिनके वियोजन से काफी परिमाण में ताप उत्पन्न होता है। सियाल के स्तर में सीमा से भी अधिक तेजोद्गार पदार्थ पाये जाते हैं। परन्तु इस स्तर में विकसित ताप का कुछ भाग विकिरण द्वारा नष्ट हो जाता है, किन्तु यहाँ इतनी अधिक मात्रा में ताप विकसित होता है कि विकिरण द्वारा खोये हुए ताप की पूर्ति सरलता से हो जाती है। सीमा में विकसित ताप बाहर न निकल सकने के कारण वही एकत्रित होता रहता है। एक लम्बी अवधि में वहाँ इतना अधिक ताप बढ़ जाता है कि उसका ऊपरी भाग पिघल जाता है। सीमा के पिघलने से उसका घनत्व कम हो जाता है जिससे उस पर आधारित महाद्वीप नीचे धँस जाते हैं और उनके निम्न भाग महासागर में डूब जाते हैं। एक लम्बी अवधि के पश्चात् जब अधःस्तर में एकत्रित ताप पुनः महासागरों से होकर निकलने लगता है तो पहले की अवस्था बिलकुल पलट जाती है। प्रारम्भ में जब अधःस्तर द्रवित अवस्था में था तो ऊपरी धरातल ठोस दशा में था और उस पर तनाव पड़ रहा है। किन्तु अब अधःस्तर ताप के निकल जाने से शीतल होकर सिकुड़ता है जिससे उसका आयतन कम होने लगता है। इसके ऊपर का धरातल ठोस होने के कारण साथ-साथ सिकुड़ने में असमर्थ रहता है अतः ऊपरी धरातल अधःस्तर की अपेक्षा बड़ा रह जाता है। ऐसी दशा में ऊपरी धरातल बिना सहारे हो जाता है। फलतः गुरुत्वाकर्षण शक्ति के द्वारा वह नीचे धँसने लगता है। नीचे धँसने से उसमें सम्पीडन (compression) होता है। इस सम्पीडन के कारण महासागरों का तल महाद्वीपों से टकराता है जिससे महाद्वीपों के किनारे पर्वतों की रचना हो जाती है। सागर-तल में भी इस भिचाव के कारण अनेक उभार और गड्ढे बन जाते हैं।

इस सिद्धान्त के विषय में विद्वानों ने अनेक शकाएँ प्रकट की हैं। उनका कहना है कि तापीय चक्र से जो दबाव उत्पन्न होगा वह इतना अधिक नहीं होगा कि उससे पर्वतों की रचना हो सके।

प्रशान्त महासागरों के चारों ओर बनी अन्य पर्वत-श्रेणियाँ इस सिद्धान्त द्वारा अवश्य स्पष्ट हो जाती हैं परन्तु धरातल पर बनी अन्य पर्वत-श्रेणियाँ इससे स्पष्ट नहीं हो पाती। साथ ही साथ अटलाण्टिक महासागर के तट पर इस प्रकार की पर्वत-श्रेणियों का अभाव इस सिद्धान्त के बारे में शंका उत्पन्न कर देता है।

(7) होम्स का संवाहन-परिवाह सिद्धान्त (Convection Current Theory of Holms)—

होम्स का मत है कि पृथ्वी के ऊपर और भीतर होने वाली समस्त हलचलों का कारण तापमान ही है। भू-गर्भ में ताप के थोड़ा-सा बढ़ जाने पर प्रसार और घट जाने पर संकुचन होने लगता है। इन क्रियाओं से धरातल के सन्तुलन में व्यतिक्रम उत्पन्न हो जाता है जिससे भू-पटल पर अनेक हलचले होती हैं। अतः यह मान लेना असंगत न होगा कि धरातल पर होने वाली पर्वत-निर्माण-कारी हलचलों का सम्बन्ध भी ताप से अवश्य है।

पृथ्वी का प्रारम्भिक रूप द्रव था। द्रव अवस्था से पृथ्वी ठोस अवस्था को प्राप्त हुई है। पृथ्वी के शीतल होने की क्रिया में संवाहन का निश्चय ही बड़ा हाथ रहा होगा। होम्स ने सुझाया है कि पृथ्वी के शीतल होने की प्रारम्भिक अवस्था में उसके अधःस्तर (substratum) में संवाहन की धाराएँ उत्पन्न हुई होंगी। अधःस्तर से आने वाली इन धाराओं के कारण भीतरी उष्ण और हल्का पदार्थ भी साथ-साथ ऊपर उठा होगा और कुछ स्थानों पर ठीक धरातल के नीचे पहुँच गया होगा। संवाहन की तीव्रता से कहीं-कहीं पदार्थ बाहर भी निकल पड़ा होगा। संवाहन धाराएँ जब ऊपर उठकर धरातल तक पहुँचती हैं तो वे चारों ओर फैल जाती हैं। धरातल पर चलने वाली ऐसी दो धाराएँ जब किसी स्थान पर परस्पर मिलती हैं तो टकराकर पुनः धरातल के नीचे की ओर चलने लगती हैं। नीचे की ओर चलने वाली धाराएँ प्रायः शीतल होती हैं। उनके साथ वाला पदार्थ भी

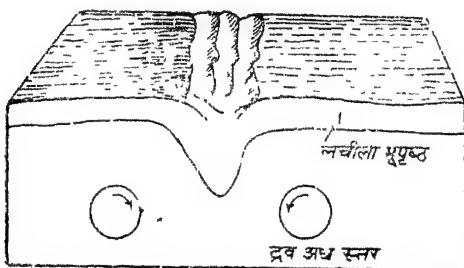
अपेक्षाकृत शीतल और भारी होता है। इस प्रकार धरातल पर ऊपर उठने वाली तथा धरातल से नीचे जाने वाली धाराओं के बीच तापमान में अन्तर होता है। धाराओं के साथ आने-जाने वाले पदार्थ के ताप और घनत्व में भी अन्तर रहता है। पदार्थ के घनत्व का यह अन्तर तथा ताप का विभेदन संवाहन क्रिया को आवश्यक शक्ति प्रदान करता है। संवाहन-परिवाह का क्रम उस समय तक बराबर चलता ही रहता है जब तक कि पदार्थ पूर्णतः शीतल होकर जमने नहीं लग जाता।

विद्वानों ने प्रारम्भ में संवाहन-परिवाह के सम्बन्ध में कई सन्देह प्रकट किये। उनका कहना था कि संवाहन द्वारा पृथ्वी के शीतल होने की क्रिया बहुत ही लम्बे समय तक न चली होगी। संचालन, विकिरण और आग्नेय क्रियाओं के द्वारा सतत रूप से ताप पृथ्वी के आन्तर से निकलकर नष्ट होता रहता है। इस प्रकार ताप की निरन्तर कमी से संवाहन धाराओं का क्रम टूट गया होगा क्योंकि संवाहन-परिवाह निरन्तर रूप से ताप की उपलब्धि पर निर्भर है। पृथ्वी के गर्भ में विद्यमान अनेक तेजोद्गार पदार्थ (यूरेनियम, रेडियम, थोरियम) अपने वियोजन द्वारा निरन्तर ताप विकसित करते रहते हैं जिससे पृथ्वी के खोये हुए ताप की सरलता से पूर्ति हो जाती है और वह संवाहन क्रिया को बनाये रखने के लिए पर्याप्त भी है। अतः इस सिद्धान्त के सम्बन्ध में प्रारम्भ में उठायी गयी यह शंका अब निर्मूल सिद्ध हो गयी है।

भू-गर्भ से आने वाली संवाहन धाराएँ जब धरातल के समीप पहुँचकर क्षितिजोत्तर दिशा में प्रवाहित होने लगती हैं तो उनका धरातल के ऊपर बड़ा भारी प्रभाव होता है। ऊपर उठकर जहाँ कहीं ये धाराएँ चारों ओर अपसरित (diverge) होती हैं वहाँ धरातल पर खिचाव अथवा तनाव (tension) उत्पन्न होता है और जहाँ ये धाराएँ अभिविन्दुक (converge) होती हैं वहाँ धरातल पर सम्पीडन (compression) पैदा होता है। अतः इस मत के अनुसार धरातल पर पर्वतों की रचना उन्हीं स्थानों पर होती है जहाँ संवाहन धाराएँ भिन्न दिशाओं से आकर मिलती हैं और संघर्षस्वरूप भूमि में नीचे की ओर चलने लगती है।

धरातल के नीचे चलने वाली संवाहन धाराओं का प्रवाह वेग कहीं भी सदा रुका नहीं रहता। धाराओं का प्रवाह वेग प्रायः घटता-बढ़ता रहता है। यही नहीं, किसी-किसी स्थान पर प्रवाह वेग क्षीण होते-होते धाराएँ बिल्कुल नष्ट हो जाती हैं। इस प्रकार भूमि के किसी एक भाग में जब संवाहन धाराओं की व्यवस्था नष्ट हो जाती है तो नवीन भू-भाग में संवाहन की नवीन परिवाह व्यवस्था प्रतिस्थापित हो जाती है। इस प्रकार इस सिद्धान्त से धरातल के विशेष भागों में पर्वतों की रचना का कारण स्पष्ट हो जाता है।

होम्स के संवाहन-परिवाह सिद्धान्त की ग्रिग्स (Giggss) ने अपने प्रयोगों द्वारा भी पुष्टि की है। ग्रिग्स ने पृथ्वी से मिलते-जुलते पदार्थ लेकर पृथ्वी का एक प्रतिरूप (model) तैयार किया।



चित्र 421—ग्रिग्स के अनुसार पर्वत-निर्माण

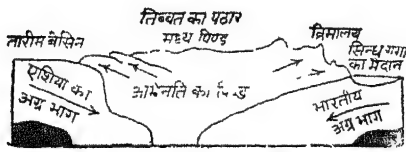
हुआ धरातलीय भाग पुनः ऊपर उठता जाता है। धरातल पर होने वाली पर्वत-निर्माण क्रिया भी कुछ इसी प्रकार होती है। इस तरह ग्रिग्स के प्रयोगों व सिद्धान्त में निहित अन्य बातों के आधार

इस प्रतिरूप में संवाहन धाराओं के संस्थापन के लिए दो घूमने वाले ढोल (rotating drums) बनाये गये। इन ढोलों को जब सलग्न चित्र में बताये गये तीरों की दिशा में घुमाया जाता है तो उनका ऊपरी धरातल बीच से नीचे की ओर धँसकने लगता है। ज्यों-ज्यों परिभ्रमण का वेग बढ़ता है त्यों-त्यों धँसाव अधिकाधिक होता है पर जैसे-जैसे परिभ्रमण का वेग घटता है नीचे धँसा

पर पर्वत-निर्माण के सिद्धान्तों में सवाहन-परिवाह का सिद्धान्त ही अधिक बुद्धिसंगत प्रतीत होता है।

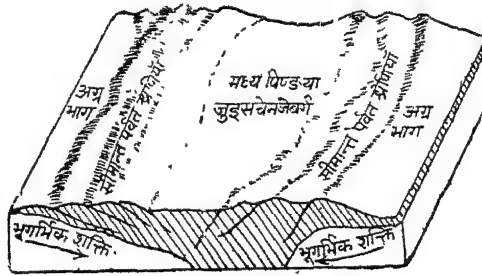
(8) कोबर का भू-अभिनतीय पर्वत-निर्माण का सिद्धान्त (The Geo-synclinal Origin Theory of Kober)—कोबर मूलतः सकुचन मत का मानने वाला था। उसने पृथ्वी के भू-पटल का अध्ययन कर यह धारणा निश्चित की कि पृथ्वी के अति कठोर प्राचीन भू-भाग—जो रूस, चीन, साइबेरिया, भारत, आस्ट्रेलिया, ब्राजील, कनाडा, अफ्रीका एवं अण्टार्कटिका में स्थित थे—तथा गतिशील निर्बल क्षेत्र—भू-अभिनतियाँ—सदा एक-दूसरे के निकट स्थित रहे हैं। कठोर भू-भागों और निर्बल क्षेत्रों की यह स्थिति पर्वत-निर्माण की दृष्टि में बड़ी महत्वपूर्ण है, क्योंकि संकुचन के कारण निर्बल क्षेत्र ही पर्वतों के रूप में ऊपर उठे। इस प्रकार सकुचन कोबर के पर्वत-निर्माण का मुख्य तथ्य है।

कोबर ने ससार में फैली पर्वत-श्रेणियों का भली-भाँति विश्लेषण कर अपने मत का प्रतिपादन किया। उसकी मान्यता है कि भू-अभिनतियों में निक्षेपित अवसाद के द्वारा ही पर्वतों की रचना होती है। किन्तु भू-अभिनतियों के रूप के बारे में उसके भिन्न विचार हैं। हाँग ने भू-अभिनति को एक



चित्र 422—कोबर के अनुसार पर्वत-निर्माण

अवसाद भिन्न गया। उसने यह स्वीकार किया कि एक अग्र प्रदेश दूसरे से अधिक गतिशील रहा हो, किन्तु इस भिचाव से अन्ततोगत्वा अग्र प्रदेश के दोनों किनारों पर दो श्रेणियाँ बन जाती हैं। इन दोनों श्रेणियों को किनारे की श्रेणियाँ अथवा रैंडकेटन (Border Ranges or Randketten) कहते हैं। यदि सम्पीडन की मात्रा बहुत अधिक हुई तो दोनों अग्र प्रदेश एक-दूसरे के बिल्कुल निकट आकर मिल जाते हैं। ऐसी अवस्था में दोनों किनारों की श्रेणियाँ मिल कर ऊँची उठ जाती हैं। जिस रेखा पर वे दोनों मिलती हैं उस रेखा को नार्ब (Narbe) कहते हैं। स्विट्जरलैंड की



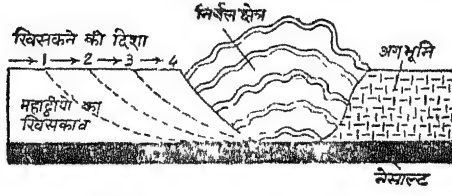
चित्र 423—मध्यपिण्ड

आल्प्स श्रेणी एक ऐसा उदाहरण है।¹ जब दोनों अग्र प्रदेशों में से किसी एक की गति या वेग कम होता है और किनारे की श्रेणियों के मध्य का भाग भिचाव से प्रभावित नहीं होता तो उस मध्यवर्ती भाग को ही मध्यपिण्ड (median mass) कहते हैं। इस मध्यपिण्ड के कारण दोनों ओर का मुलायम पदार्थ दो विपरीत दिशाओं में धकेल दिया जाता है जिससे वलन भी दो विपरीत दिशाओं में बन जाते हैं। कोबर ने यूरोप के वलित पर्वतों में कई मध्यपिण्ड बताये हैं। उसके मतानुसार कार्पेथियन और डिनारिक आल्प्स के बीच हंगरी का मैदान तथा बाल्कन प्रायद्वीप में रोडोप का पठार और तुर्की में अनातोलिया का पठार मध्यपिण्ड है। इसी तरह भूमध्यसागर के पश्चिम में भी एक मध्यपिण्ड

1 J. A. Steers : *Unstable Earth*, p. 146

था जो अब जलमग्न हो गया है। भूमध्यसागर में वर्तमान कासिका और सार्डीनिया द्वीप डरबी मध्यपिण्ड के अवशिष्ट भाग हैं।

यद्यपि पर्वत-निर्माण के सम्बन्ध में स्वेस तथा कोबर के विचारों में बहुत कुछ समानता पायी



जाती है, किन्तु दोनों के विचारों में एक मुख्य भेद है। कोबर एक के स्थान पर दो अग्र प्रदेश मानता है। दोनों अग्र प्रदेशों के आगे बढ़ने से ही भू-अभिनति का अवसाद भिचता है जिससे दोनों अग्र प्रदेशों के किनारों पर पर्वत-श्रेणियाँ बनती हैं। किन्तु स्वेस के अनुसार एक अग्र प्रदेश (foreland) और एक पृष्ठ प्रदेश (hinterland) होता है। पृष्ठ प्रदेश की ओर से भिचान उत्पन्न होता है जिससे अग्र प्रदेश के सहारे एक पर्वत श्रेणी बन जाती है।

पर्वतों का वर्गीकरण

(Classification of Mountains)

ससार में पाये जाने वाले पर्वतों के अनेक रूप और प्रकार देखे जाते हैं। ये अपनी निर्माण प्रक्रिया, आयु, रूप, बनावट, चट्टानों और भू-आकारों में एक-दूसरे से इतने भिन्न होते हैं कि कोई भी दो पर्वत आपस में एकसमान नहीं होते।¹ इनका अध्ययन करने वालों के समक्ष प्रत्येक श्रेणी एक चुनौती प्रस्तुत करती है। अतः पर्वतों के इतने प्रकार हो सकते हैं कि उन सबका वर्णन करना कदापि सम्भव नहीं हो सकता। यही कारण है कि पर्वतों का कोई सर्वसम्मत वर्गीकरण भी नहीं किया जा सकता। कुछ विद्वानों ने पर्वतों का निम्न आधारों पर वर्गीकरण करने का प्रयास किया है :

- (1) भौगोलिक व्यवस्था के आधार पर,
- (2) ऊँचाई के आधार पर,
- (3) आयु के आधार पर,
- (4) उत्पत्ति के आधार पर।

भौगोलिक व्यवस्था के आधार पर पर्वतों के भेद

प्रो० पी० जो० वोरसेस्टर ने पर्वतों को उनकी भौगोलिक व्यवस्था के अनुसार निम्न भागों में बाँटा है।²

(1) **पर्वत समूह (Cardillera)**—एक ऐसे सामान्य उच्च प्रदेश को, जिसमें विभिन्न काल की और विभिन्न विधियों से बनी पर्वतमालाएँ, पर्वत-क्रम एवं पर्वत श्रेणियाँ विद्यमान हों, पर्वत समूह कहा जाता है। उत्तरी-पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका तथा ब्रिटिश कोलम्बिया का कार्डिलेरा पर्वत समूह इसका उदाहरण है।

(2) **पर्वत तन्त्र (Mountain System)**—पर्वत तन्त्र एक ही काल और एक ही पर्वत से निर्मित अनेक पर्वत-श्रेणियों एवं पर्वत वर्गों से बना होता है। संयुक्त राज्य अमरीका का अप्लेशियन पर्वत इसका उत्तम उदाहरण है।

(3) **पर्वत-श्रेणी (Mountain Range)**—जब एक ही प्रकार से बने एक समान उम्र के अनेक पर्वत एक लम्बी तथा सँकरी पट्टी में व्यवस्थित होते हैं तो उसे पर्वत-श्रेणी कहा जाता है।

¹ . P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 523

² *Ibid* : p. 24-25

यद्यपि इनमें चट्टानों की बनावट और सरचना के कई स्थानीय भेद हो सकते हैं किन्तु समस्त पर्वत-श्रेणी का भू-आकृति इतिहास एकसमान होता है। हिमालय पर्वत-श्रेणी इसका उदाहरण है।

(4) पर्वत-शृंखला (Mountain Chain)—उत्पत्ति एवं आयु की दृष्टि से असमान पर्वत जब लम्बी और सँकरी पट्टियों में पाये जाते हैं तो उन्हें पर्वत शृंखला कहा जाता है। यह शब्द ज्वालामुखी पर्वतों के लिए विशेष रूप से प्रयुक्त होता है। उदाहरणतः, हवाई, एल्यूसियन और जापान के ज्वालामुखी।

(5) पर्वत वर्ग (Mountain Group)—कई स्थानों पर ऐसे उच्च स्थल-खण्ड पाये जाते हैं जो कई पर्वतों से मिलकर बने होते हैं, परन्तु उसमें पर्वतों की कोई निश्चित व्यवस्था नहीं पायी जाती। ऐसे सभी स्थल-भाग पर्वत वर्ग कहलाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में कोलोरेडो राज्य में स्थित सान जुआन पर्वत वर्ग इसका अच्छा उदाहरण है। यह पर्वत हजारों वर्गमील क्षेत्र में फैला हुआ है और इसमें अनेक ऊँचे पर्वत हैं, परन्तु उनमें कोई व्यवस्था नहीं है।

(6) पर्वत कटक (Mountain Ridge)—जब कोई स्थलमण्डल बलन अथवा भ्रंशन क्रिया के कारण एक मेहराब के रूप में ऊपर उठ जाता है तो उसे पर्वत कटक कहा जाता है। सामान्यतः पर्वत कटक लम्बे और सँकरे होते हैं। अप्लेशियन पर्वत की नीली पर्वत कटक (blue ridge) इसका उदाहरण है।

(7) एकाकी पर्वत (Isolated Mountains)—कभी-कभी किसी स्थलभाग के अत्यधिक अपरदन के कारण अथवा ज्वालामुखीय क्रिया के कारण एकाकी पर्वतों की रचना हो जाती है। ये पर्वत अपवादस्वरूप ही मिलते हैं।

ऊँचाई के आधार पर पर्वतों के भेद

प्रो० फिच ने ऊँचाई के आधार पर पर्वत को निम्न भागों में विभाजित किया है :¹

(1) नीचे पर्वत (Low Mountains)—वे पर्वत जिनकी स्थानीय ऊँचाई 2000 से 3000 फुट तक होती है, उन्हें नीचे पर्वत कहते हैं।

(2) कम ऊँचे पर्वत (Rough Mountains)—वे पर्वत जिनकी स्थानीय ऊँचाई 3000 से 4500 फुट तक होती है; उन्हें कम ऊँचे पर्वत कहा जाता है।

(3) साधारण ऊँचे पर्वत (Rugged Mountains)—वे पर्वत जिनकी स्थानीय ऊँचाई 4500 से 6000 फुट तक होती है, उन्हें साधारण ऊँचे पर्वत कहा जाता है।

(4) अधिक ऊँचे पर्वत (Siessan Mountains)—वे पर्वत जिनकी स्थानीय ऊँचाई 6000 फुट से अधिक होती है उन्हें अधिक ऊँचे पर्वत कहते हैं।

आयु के आधार पर पर्वतों का वर्गीकरण

पृथ्वी पर अधिकांश बड़े-बड़े पर्वतों की उत्पत्ति भू-गर्भ में घटित होने वाली पर्वत-निर्माण-कारी हलचलों के कारण होती है। ये पर्वत-निर्माणकारी हलचलें अत्यन्त मन्द गति से दीर्घकाल तक होती रहती हैं। किन्तु भू-गर्भिक इतिहास के सन्दर्भ में ये विप्लव की भाँति अल्पकालिक ही होती हैं क्योंकि इनके बाद एक लम्बा शान्ति का काल रहता है। ये एक निश्चित काल में घटित होकर पुनः शान्त हो जाती हैं। इन हलचलों का क्षेत्र भी निश्चित नहीं है। ये धरातल के किसी एक सीमित भाग में क्रियाशील होती हैं। अब तक पृथ्वी के भू-गर्भिक इतिहास में ऐसी नौ हलचलें हो चुकी हैं। इनमें से छह हलचलें कैम्ब्रियन काल के पूर्व और तीन उसके पश्चात् घटित हुईं। कैम्ब्रियन काल के पूर्व में घटित हलचलों का विशेष महत्त्व नहीं है।

¹ Finch and Trewartha : *Elements of Geography—Physical and Cultural*, p. 370

भू-गर्भिक इतिहास में पृथ्वी पर पर्वत-निर्माण के चार महत्वपूर्ण काल हुए हैं जो पर्वत-निर्माणकारी हलचलों से सम्बन्धित हैं। ये पर्वत-निर्माणकारी हलचलें भू-गर्भिक इतिहास के विभिन्न कालों में हुईं जो क्रमशः निम्न प्रकार हैं :

- (i) चर्नियन हलचलें, (ii) कैलीडोनियन हलचलें,
(iii) हरसीनियन हलचलें, (iv) अल्पाइन हलचलें।

उपरोक्त चारों हलचलों के समय ही पृथ्वी पर बड़े-बड़े पर्वतों का जन्म हुआ। अतः पर्वतों को उनके निर्माण के काल के अनुसार चार वर्गों में विभाजित किया जा सकता है :

(i) **चर्नियन हलचलें**—कैम्ब्रियन तथा पूर्व-कैम्ब्रियन युग में आज से लगभग 40 करोड़ वर्ष पूर्व एक पर्वत-निर्माणकारी हलचल हुई जिसे चर्नियन हलचलें कहा जाता है। इन हलचलों के समय पृथ्वी पर जो पर्वत बने उन्हें चर्नियन पर्वत कहा जाता है। इन पर्वतों के उदाहरण भारत में अरावली, धारवाड़, छोटा नागपुर, कुडप्पा एवं दिल्ली क्रम के रूप में आज भी देखे जाते हैं। उत्तरी अमरीका में ग्रेट लेक्स के निकट तथा यूरोप में फेनोस्कैंडिनेविया में भी इसके उदाहरण मिलते हैं।

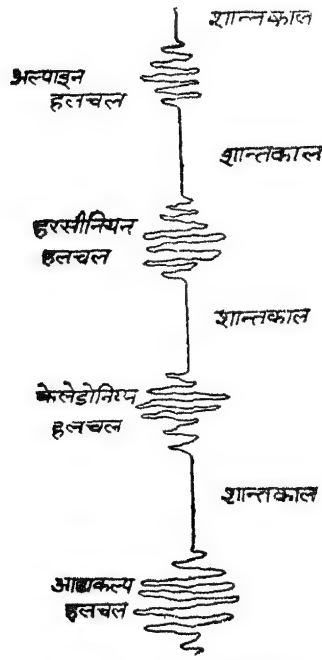
(ii) **कैलीडोनियन हलचलें**—आज से लगभग 32 करोड़ वर्ष पूर्व सिलूरियन और डेवोनियन युगों के मध्य जो हलचल हुई उसे कैलीडोनियन हलचल कहा जाता है। इस हलचल के फलस्वरूप उत्तरी अमरीका में अप्लेशियन पर्वत, यूरोप में स्कॉटलैण्ड, स्कैंडिनेविया, उत्तरी आयरलैण्ड, यूरीगियन वागलैण्ड पर्वत, अफ्रीका में सहाराई वलन, आस्ट्रेलिया में नारीगुण्डा एवं एशिया में बेकाल झील के निकट पर्वतों का निर्माण हुआ।

(iii) **हरसीनियन हलचलें**—लगभग 22 करोड़ वर्ष पूर्व भू-गर्भिक इतिहास के कार्बन और परमियन कल्पों के बीच एक पर्वत-निर्माणकारी हलचल हुई। इस हलचल को हरसीनियन, वरिस्कन, आरमोरिकन, अप्लेशियन अथवा अल्टाइड हलचल के नाम से भी पुकारा जाता है। इन हलचलों के कारण यूरोप में पेनाइन, हार्ज, वास्जेज, ब्लेकफारेस्ट, बोहेमिया, फ्रांस का मध्यवर्ती उच्च प्रदेश, स्पेन का मेसीटा, एशिया में ध्यानशान अल्टाई, खिगन, जुगेरिया, तारिम बेसिन, नानशान आदि; तथा आस्ट्रेलिया में पूर्वी कॉडिलेरा आदि पर्वतों का निर्माण हुआ। अनाच्छादन के फलस्वरूप आज ये सब पर्वत घिसकर अवशिष्ट पर्वतों के रूप में दिखाई पड़ते हैं।

(iv) **अल्पाइन हलचलें**—आज से लगभग 3 करोड़ वर्ष पूर्व अल्पाइन हलचलें हुई थीं, जिनके फलस्वरूप वर्तमान समय के सबसे ऊँचे पर्वतों की रचना हुई। आल्प्स पर्वत इसी काल में बना था। इसलिए अन्य सब पर्वत भी अल्पाइन पर्वत के नाम से पुकारे जाते हैं। राँकीज, एण्डीज, पौण्टिक, एल्बुर्ज, जैग्रास, हिन्दूकुश, हिमालय, क्यूनलून, कराकोरम, अराकान आदि पर्वत इसके अन्य उदाहरण हैं। ये सब पर्वत पृथ्वी पर सबसे बाद में बने हुए हैं। अतः इन्हें नवीन मोड़दार पर्वत (new folded mountains) भी कहा जाता है।

उत्पत्ति के आधार पर पर्वतों के भेद

संसार में पाये जाने वाले सभी पर्वतों का निर्माण समान रूप से नहीं हुआ है। विभिन्न पर्वतों की निर्माण प्रक्रिया भिन्न-भिन्न होती है। सामान्यतः पर्वतों के निर्माण में स्थल के उभार,



चित्र 425—पर्वत-निर्माणकारी हलचलें और बने पर्वत

अपरदन के प्रभाव, ज्वालामुखी उद्गार एवं सम्पीडन तथा खिंचाव की शक्तियों का योग होता है। किन्तु यह आवश्यक नहीं है कि किसी पर्वत के निर्माण में उपरोक्त सभी शक्तियों का सहयोग हो ही। कई पर्वतों का निर्माण केवल एक ही साधन से हो जाता है जबकि कई पर्वतों के निर्माण में एक से अधिक शक्तियों का सहयोग रहता है।

निर्माण की प्रक्रिया अथवा उत्पत्ति के आधार पर प्रो० ए० एल० सीमेन ने पर्वतों के दो मुख्य भेद किये हैं :

(क) मौलिक अथवा विवर्तनिक पर्वत।

(ख) परवर्ती अथवा अवशिष्ट पर्वत।

(क) मौलिक अथवा विवर्तनिक पर्वत

(Original or Tectonic Mountains)

इनके अन्तर्गत उन पर्वतों को सम्मिलित किया गया है जो पृथ्वी की पटल विरूपण तथा ज्वालामुखी क्रियाओं के फलस्वरूप बने हैं और जिनका पृथ्वी के भू-पटल पर गहरा प्रभाव पड़ा है। चूँकि ये पर्वत विभिन्न प्रकार की भू-हलचलों—दबाव, तनाव व उभार—के कारण बनते हैं इसी-लिए इन्हें मौलिक अथवा विवर्तनिक पर्वत कहा जाता है। इन पर्वतों की रचना में भाग लेने वाली प्रमुख शक्तियों के आधार पर इनके निम्न उपभेद किये जा सकते हैं :

1. मोड़दार अथवा वलित पर्वत (Folded Mountains)

इन पर्वतों को इनमें पड़े मोड़ (folds) के आधार पर दो भागों में बाँटा जाता है :

(i) साधारण मोड़दार पर्वत (Simple Folded Mountains)—ऐसे पर्वत का विकास उस समय होता है जबकि दबाव की शक्ति सामान्य होती है। सामान्य दबाव से चट्टानों में अपनति तथा अभिनति का विकास क्रम से होता है। अतः ऐसे पर्वत जिनमें साधारण मोड़ होते हैं तथा अपनतियाँ एवं अभिनतियाँ सामान्य रूप से व्यवस्थित होती हैं उन्हें साधारण मोड़दार पर्वत कहा जाता है।



(ii) जटिल मोड़दार पर्वत (Complex Folded Mountains)—

ऐसे पर्वतों का विकास उस समय होता

चित्र 426—साधारण मोड़दार पर्वत

है जबकि दबाव की शक्तियाँ बहुत तीव्र होती हैं। दबाव की तीव्रता के कारण चट्टानों में परिवलन मोड़ (recumbent fold) बन जाते हैं। कभी-कभी इससे मोड़ का अग्र भाग टूट कर दूसरे मोड़ पर चढ़ जाता है जिससे ग्रीवा खण्डों का निर्माण होता है। अतः इस प्रकार के जटिल मोड़ वाले पर्वतों को ही जटिल मोड़दार पर्वत कहा जाता है।

आयु के आधार पर भी मोड़दार पर्वतों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है :

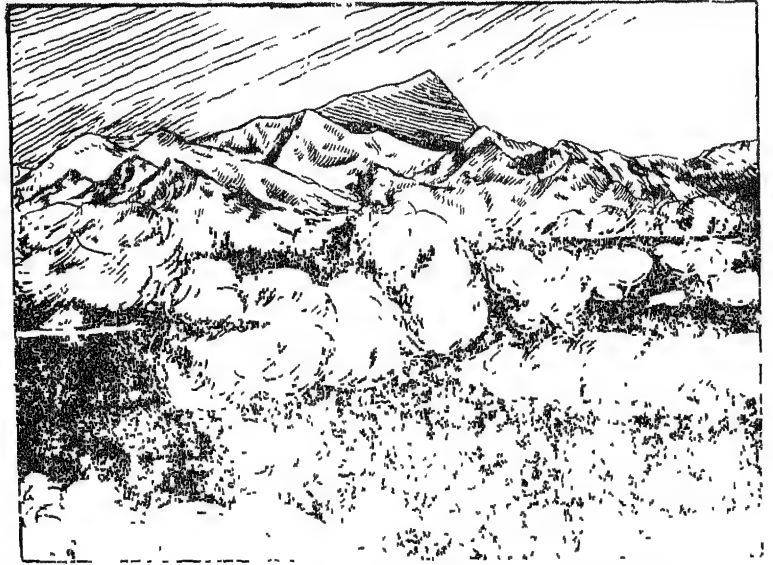
(1) युवा मोड़दार पर्वत (Young Folded Mountains)—ये मोड़दार पर्वत जिन पर अपरदन के साधनों का प्रभाव अधिक नहीं हुआ हो, युवा मोड़दार पर्वत कहलाते हैं। ऐसे पर्वत कदाचित् ही देखने को मिलते हैं। वस्तुतः पर्वत निर्माण तथा वलन की क्रिया बड़ी ही मन्द प्रक्रिया है जिससे पर्वतों का निर्माण धीरे-धीरे ही होता है। पर्वत निर्माण के साथ ही अपरदन की शक्तियाँ अपना कार्य प्रारम्भ कर देती हैं फलस्वरूप पर्वत निर्माण की समाप्ति के पूर्व ही उनमें परिपक्वता आ जाती है।

(ii) परिपक्व मोड़दार पर्वत (Mature Folded Mountains)—ये मोड़दार पर्वत जिन पर अपरदन के साधनों का गहरा प्रभाव दृष्टिगोचर होता है, परिपक्व मोड़दार पर्वत कहलाते हैं।

इन पर्वतों में अपरदन के कारण गहरी घाटियाँ पायी जाती हैं। एकनत कटक (monoclinal ridges) तथा एकनत घाटियाँ (monoclinal valleys) ऐसे पर्वतों की खास विशेषता होती है, जिससे इनकी आकृति बड़ी ऊबड़-खाबड़ प्रतीत होती है।

निर्माण के समय के आधार पर भी इन पर्वतों के दो भेद किये जाते हैं :

(i) नवीन मोड़दार पर्वत (New Folded Mountains)—वे मोड़दार पर्वत जिनका निर्माण तृतीय महाकल्प अर्थात् टर्शियरी युग में हुआ, उन्हें नवीन मोड़दार पर्वत अथवा अल्पाइन पर्वत कहा जाता है। ये पर्वत ससार के सर्वाधिक ऊँचे पर्वत हैं। इनकी चोटियाँ सदैव बर्फ से ढकी रहती हैं। इन पर्वतों में अत्यधिक जटिल मोड़ पाये जाते हैं। अत्यधिक दबाव के कारण इनमें



चित्र 427—पूर्वी हिमालय—एवरेस्ट तथा अन्य चोटियाँ (नवीन मोड़दार पर्वत)

रूपान्तरण भी अधिक देखा जाता है। ये प्रायः अपनी मौलिक स्थिति में मिलते हैं। राँकीज, एण्डीज, आल्प्स, हिमालय तथा एशिया के पूर्वी भाग में फैले हुए कई पर्वत नवीन मोड़दार पर्वतों की श्रेणी में ही आते हैं।

(ii) प्राचीन मोड़दार पर्वत (Old Folded Mountains)—वे मोड़दार पर्वत जिनका निर्माण टर्शियरी युग के पूर्व हुआ, उन्हें प्राचीन मोड़दार पर्वत कहा जाता है। कैलिडोनियन तथा हर्सीनियन युगों के मोड़दार पर्वत इसी श्रेणी में आते हैं। अनाच्छादन तथा उत्थान की क्रियाओं के कारण इन पर्वतों में बड़ी जटिलताएँ पायी जाती हैं। वर्तमान समय में ये पर्वत अपनी मौलिक अवस्था में नहीं पाये जाते। अपरदन के कारण कई पर्वत घिस कर अवशिष्ट पर्वत के रूप में बदल गये हैं। इन पर्वतों में मोनेडनोक (monadnock) संगत शिखर, कटे-फटे गुम्बद तथा चोटियाँ अनियमित रूप से फैले हुए पाये जाते हैं। यूरोप में स्कॉटलैण्ड के पर्वत, स्केण्डिनेविया तथा गूराल पर्वत, उत्तरी अमरीका में अप्लेशियन पर्वत तथा भारत में विन्ध्याचल तथा अरावली पर्वत इनके उदाहरण हैं।

बलित पर्वतों की विशेषताएँ

(1) ये पर्वत अवसादी शैलों से बने होते हैं।

(2) इन पर्वतों की शैलों में समुद्री जीवाश्म मिलते हैं जिससे यह स्पष्ट होता है कि इनकी रचना समुद्रों में हुई है।

(3) इनकी आकृति वक्राकार होती है जिससे यह प्रकट होता है कि इनकी रचना में नतोदर पार्श्व की ओर से भिचाव शक्ति का प्रभाव पड़ा है।

(4) वलित पर्वतों की मोटाई यद्यपि हजारों फुट होती है किन्तु शैल-पदार्थों से यह प्रतीत होता है कि इनकी रचना उथले समुद्रों से सम्बन्धित है।

(5) इन पर्वतों का विस्तार लम्बाई में अधिक और चौड़ाई में कम होता है।

(6) संसार में अधिकतर वलित पर्वतों का ही प्रसार है। वलित पर्वतों की उपरोक्त विशेषताओं से यह विदित होता है कि इनकी रचना लम्बे, सँकरे तथा उथले समुद्रों में हुई है। ऐसे समुद्रों को विस्तीर्ण अभिनति (geo-syncline) कहा जाता है। अतः वोरसेस्टर का यह कथन कि "All great folded ranges stand on the sites of former geo-synclines" बहुत ही युक्तियुक्त प्रतीत होता है।

2. अवरोधी अथवा ब्लाक पर्वत (Block Mountains)

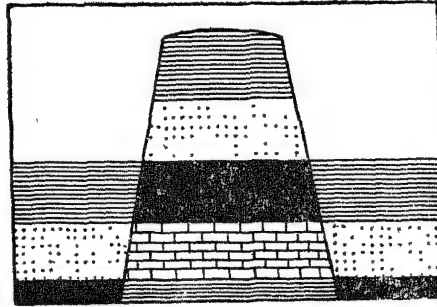
पृथ्वी की आन्तरिक हलचलों के कारण जब धरातल के किसी भाग में तनाव अथवा खिचाव की शक्तियों द्वारा दरारे या भ्रश पड़ जाती है तो धरातल का कुछ भाग ऊपर उठ जाता है तथा कुछ भाग नीचे धँस जाता है। इस प्रकार वहाँ बड़े-बड़े भ्रशोत्थ उत्पन्न हो जाते हैं जिससे ब्लाक पर्वतों की रचना होती है। ये पर्वत सामान्यतः दो दरारों के मध्य में स्थित होते हैं। इनकी चोटी मेज की भाँति होती है तथा ढाल एकदम सपाट होता है। इन पर्वतों का निर्माण दरार या भ्रश पड़ने के कारण होता है इसीलिए इन्हें भ्रशोत्थ पर्वत भी कहते हैं। इन पर्वतों की रचना कई रूपों में होती है। निम्न अवस्थाओं में इनका निर्माण होता है।

(क) जब कभी दो सामान्य दरारों के मध्य का भाग ऊपर उठ जाता है तो इस ऊपर उठे हुए स्थल खण्ड को 'ब्लाक पर्वत' अथवा 'होस्ट' कहते हैं। इस प्रकार से बने हुए ये ब्लाक पर्वत ऊपर से मेज की भाँति सपाट होते हैं किन्तु इनके किनारे तीव्र ढाल के होते हैं।

(ख) जब कभी दरार की रचना के समय मध्यवर्ती भाग के दोनों ओर के स्थल खण्ड नीचे धँस जाते हैं और मध्यवर्ती स्थल खण्ड अपनी जगह स्थिर रहता है तो मध्यवर्ती भाग ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है। इसी को ब्लाक पर्वत कहा जाता है। चौड़े गुम्बदों अथवा ऊँचे पठारी भागों में ऐसे पर्वत अधिक बनते हैं।

(ग) जब कभी दो समानान्तर दरारों के बीच का स्थल भाग नीचे धँस जाता है तो दरार के किनारे वाले भाग ऊपर उठे हुए होते हैं जो ब्लाक पर्वत के सदृश्य ही प्रतीत होते हैं। मध्य का नीचे धँसा हुआ भाग दरारी घाटी (rift valley) कही जाती है।

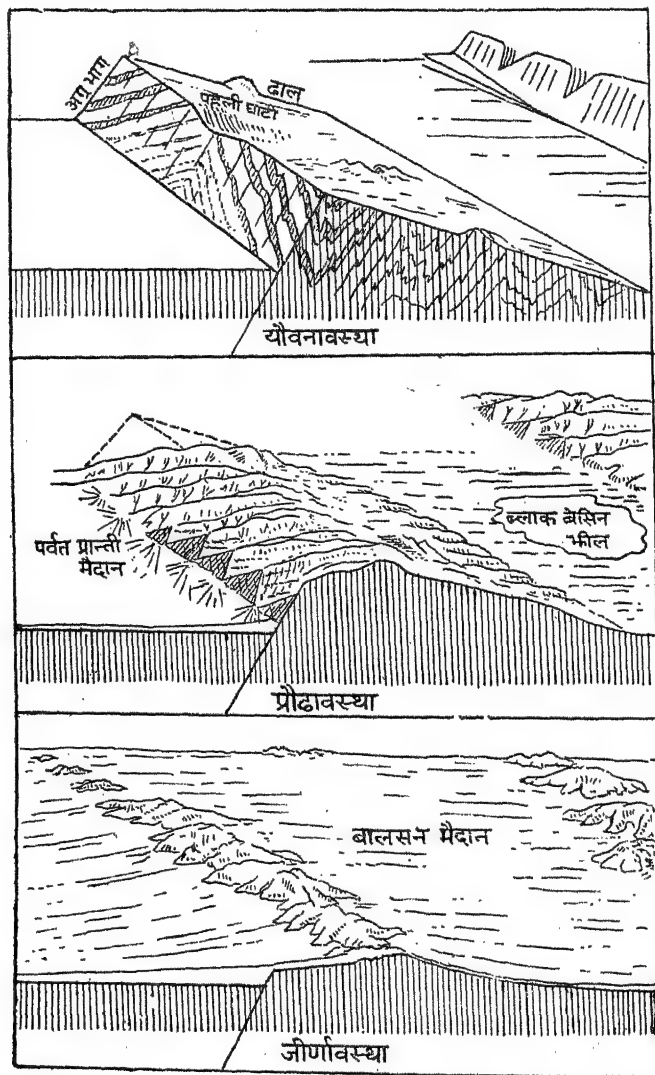
संसार में ब्लाक पर्वत सभी महाद्वीपों में देखे जाते हैं। उत्तरी अमरीका का सियरा नेवादा पर्वत संसार का सबसे बड़ा ब्लाक पर्वत है। यह 400 मील लम्बा, 50 मील चौड़ा तथा आठ से बारह हजार फीट ऊँचा है। एलबर्ट, वारनर तथा वासाच रेज यहाँ के अन्य महत्वपूर्ण ब्लाक पर्वत हैं। यूरोप में ब्लैक फारेस्ट तथा वासजेस पर्वत ब्लाक पर्वतों के सुन्दर उदाहरण हैं। पाकिस्तान की साल्ट रेंज भी ब्लाक पर्वत ही है।



चित्र 428—ब्लाक अथवा भ्रशोत्थ पर्वत

ब्लाक पर्वतों की उत्पत्ति के सम्बन्ध में विद्वानों में बड़ा मतभेद है। इस सम्बन्ध में दो मत उल्लेखनीय हैं :

(1) दरार सिद्धान्त (Fault Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार ब्लाक पर्वतों की उत्पत्ति भू-पटल की चट्टानों में बड़े पैमाने पर दरारें पड़ने के कारण होती है। दरारों के निर्माण के समय स्थल का एक बड़ा खण्ड ऊपर अथवा नीचे चला जाता है जिससे ब्लाक पर्वतों की रचना हो जाती है। इस मत के प्रमुख प्रतिपादक कलेंरैन्स किंग, गिलवर्ट तथा लूडर बैंक आदि विद्वान हैं। बाद में डेविस महोदय ने भी इस मत का समर्थन किया।



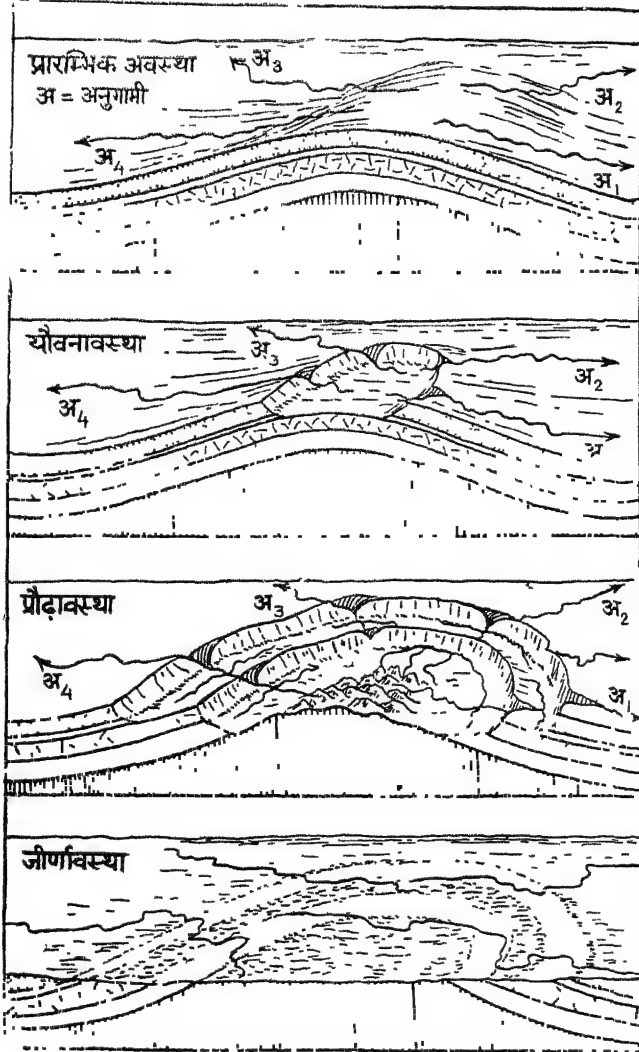
चित्र 429—ब्लाक पर्वत का विकास चक्र

(2) अपरदन सिद्धान्त (Erosion Theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार ब्लाक पर्वतों की उत्पत्ति दरारों से न होकर विभेदक अपरदन (differential erosion) के परिणामस्वरूप होती है। स्पर महोदय इस मत के प्रमुख प्रतिपादक हैं। इन्होंने ग्रेट बेसिन रेंज के अनेक पर्वतों का अध्ययन

कर यह मत प्रतिपादित किया है कि ब्लाक पर्वतो का वर्तमान रूप अपरदन का ही परिणाम है। किन्तु अनेक विद्वान् उपरोक्त मत से सहमत नहीं हैं। वस्तुतः ब्लाक पर्वतो के निर्माण में स्थल विरूपण का हाथ ही प्रमुख होता है। अतः ब्लाक पर्वतो की उत्पत्ति के सम्बन्ध में बरार सिद्धान्त ही अधिक उपयुक्त प्रतीत होता है।

3. गुम्बदाकार पर्वत (Dome Mountains)

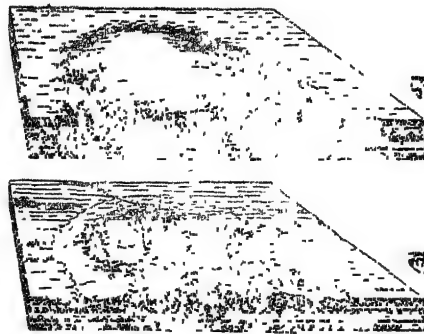
भू-पटल की चट्टानों में जब कहीं पर अर्ध-वृत्त के रूप में उभार होता है तो उसे गुम्बद कहा जाता है। धरातली चट्टानों में ये उभार जब नगण्य होते हैं तो वहाँ कोई विशिष्ट स्थल रूप की



चित्र 430—गुम्बदाकार पर्वत का विकास-चक्र

रचना नहीं होती। किन्तु जब ये उभार काफी अधिक होते हैं तो गुम्बदाकार पर्वत की रचना होती जाती है। किन्तु ये गुम्बद कई आकार-प्रकार के होते हैं। इनमें छोटे-छोटे उभार से लेकर ऊँचे-ऊँचे गुम्बद तक होते हैं। इसी तरह इनका विस्तार भी कुछ सौ मीटर से लेकर कई किलोमीटर

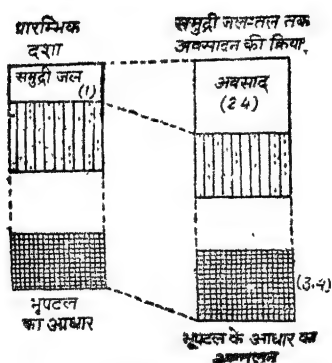
और उसके उत्थान पर एक नवीन भू-रूप की रचना हो जाती है। इस प्रकार अपरदन की शक्तियों द्वारा प्रारम्भिक स्थल रूपों के कटकर नीचा हो जाने पर उसका अवशिष्ट भाग दिखाई पड़ता है। ऐसे अवशिष्ट भाग जब पर्याप्त ऊँचाई लिए हुए होते हैं, तो वे अवशिष्ट पर्वत कहे जाते हैं। चूँकि ये पर्वत अन्य प्रकार के पर्वतों के अत्यधिक अपरदन के कारण घिस जाने से बनते हैं, इसी कारण इन्हें परवर्ती पर्वत (subsequent mountains), घाटित पर्वत (circum erosional) अथवा अवशिष्ट पर्वत (relict mountains) कहा जाता है। इन अवशिष्ट पर्वतों का आकार-प्रकार मूलतः अपरदन के साधन और इन शैलों के चरित्र एवं इनकी व्यवस्था पर निर्भर करता है जिनसे ये पर्वत बनते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका में आजाक्स पर्वत तथा केटस्कील पर्वत अवशिष्ट पर्वतों के उदाहरण हैं। यहीं कोलोरेडो राज्य में भावी अवशिष्ट पर्वतों के निर्माण की प्रक्रियाएँ स्पष्ट देखी जा सकती हैं। भारत में विन्ध्याचल, अरावली, पारसनाथ, पश्चिमी घाट, सतपुड़ा एवं महादेव पर्वत अवशिष्ट पर्वतों के ही उदाहरण हैं। अरावली पर्वत किसी समय हिमालय से भी ऊँचा पर्वत था जो अब घिसकर केवल पहाड़ियाँ मात्र रह गयी है।



चित्र 431—अवशिष्ट लैकोलिथ पर्वत

भू-अभिनतियाँ (Geo-synclines)

पृथ्वी के भू-गर्भिक इतिहास का अध्ययन करने से यह ज्ञात होता है कि संसार के महाद्वीप एवं महासागरों का वर्तमान स्वरूप उनके प्राचीन रूप से बिल्कुल भिन्न है। ऐसा विश्वास किया जाता है कि वर्तमान महाद्वीप प्रारम्भ में छुट-पुट बिखरे हुए भू-खण्ड थे। इन प्रारम्भिक भू-खण्डों को आजकल दृढ़ भू-खण्ड (rigid masses) कहा जाता है, क्योंकि ये भूगर्भिक इतिहास के प्राचीन-काल से लेकर आज तक अविचल रहे हैं। इस प्रकार प्राचीन, कठोर एवं स्थिर स्थल भागों को ही



चित्र 432—अवसाद निक्षेप

की सन्तुलन प्रतिक्रिया

की ऊँचाई और उनका निर्माण करने वाली अवसादी शैलों की असीम गहराई की ओर ध्यान दिया जाय तो भू-अभिनतियों को काफी गहरा होना चाहिए। किन्तु इन पर्वतों की चट्टानों में मिलने वाले

दृढ़ भू-खण्ड (rigid masses) नाम दिया गया है। इन दृढ़ भू-खण्डों का विकास होने से ही वर्तमान महाद्वीपों का आविर्भाव हुआ। ये सभी दृढ़ भू-खण्ड जलीय भागों से घिरे हुए थे। ये जलीय भाग भूगर्भिक इतिहास में सदैव परिवर्तनशील तथा अस्थिर रहे हैं। इन अस्थिर जलीय भागों को ही भू-अभिनतियाँ (geosynclines) कहा गया है। दूसरे शब्दों में, भू-अभिनतियों का अर्थ ऐसे जलीय भागों से है जिनमें अवसादों का निक्षेप होता रहता है। समुद्रों में निक्षेपित इन अवसादों से अवसादी चट्टानों का निर्माण होता है। संसार में फैले हुए समस्त वलित पर्वत अवसादी चट्टानों से बने हुए हैं। अतः आजकल सभी विद्वान यह मानते हैं कि वलित पर्वतों का जन्म भू-अभिनतियों से हुआ है। यदि वर्तमान वलित पर्वतों

जीवाश्म उथले समुद्रों के रहने वाले हैं। इस आधार पर भू-अभिनतियाँ उथले जलीय भाग सिद्ध होती हैं। पर चूँकि एक लम्बे, सँकरे व उथले जलीय भाग के द्वारा अवसादी शैलों की अपरिमित गहराई को कदापि स्पष्ट नहीं किया जा सकता, अतः यही कल्पना की जा सकती है कि अवसादों का निक्षेप ऐसे संकीर्ण और छिछले जल गर्तों में होता रहा है जो निरन्तर नीचे धँसते रहे हैं। साथ ही साथ यह भी देखा गया है कि विशाल मोटाई वाले वलित पर्वतों की लम्बाई उनकी चौड़ाई से कई गुना अधिक है। इसी से भू-अभिनतियों को लम्बे तथा सँकरे जलीय भाग माना गया है। भू-अभिनतियों की उपरोक्त विशेषताओं को दृष्टिगत रखकर विद्वानों ने इसे कई प्रकार से परिभाषित किया है। कुछ प्रमुख परिभाषाएँ निम्न प्रकार हैं :

“भू-अभिनतियाँ वे उथले जलीय भाग हैं, जिनमें अवसादों के निक्षेप के साथ ही उनकी तलियाँ भी नीचे धँसती रहती हैं।”¹

“भू-अभिनतियाँ वे जलीय भाग होते हैं, जिनमें अनवरत रूप से अवसाद का निक्षेप होता रहता है।”²

“भू-अभिनतियाँ लम्बे सँकरे तथा उथले जलीय भाग होती हैं, जिनमें अवसादों के निक्षेप के साथ-साथ धँसाव होता रहता है।”³

प्रो० जे० ए० स्टीयर्स के अनुसार, “सामान्यतः भू-अभिनतियाँ लम्बे और अपेक्षाकृत सँकरे जलीय गर्त हैं, जो अवसादों के निक्षेप के साथ ही नीचे धँसते रहे हैं।”⁴

भू-अभिनतियों की विशेषताएँ

भू-अभिनतियों की निम्न विशेषताएँ उल्लेखनीय हैं :

- (1) भू-अभिनतियाँ सामान्यतः दो दृढ़ भू-खण्डों (rigid masses) के मध्य स्थित होती हैं। इनके तटीय भागों को अग्र प्रदेश (foreland) कहा जाता है।
- (2) भू-अभिनतियों का रूप सदैव एक समान नहीं रहता। भू-गर्भिक क्रियाओं के कारण इनके आकार, प्रकार, विस्तार एवं स्थिति में परिवर्तन होता रहता है।
- (3) ये भू-गर्भिक इतिहास के कई युगों में पायी जाती हैं।
- (4) ये धरातल पर लम्बे, सँकरे तथा उथले जलीय भाग के रूप में होती हैं।
- (5) ये प्रायः गतिशील रहती हैं।

भू-अभिनति की संकल्पना का विकास

भू-अभिनतियों की अवधारणा हाल तथा डाना नामक विद्वानों की देन है। इन्होंने वलित पर्वतों के निर्माण की व्याख्या करते समय भू-अभिनति के विचार को प्रस्तुत किया। सर्वप्रथम सन् 1873 में डाना ने लम्बे, सँकरे तथा निरन्तर धँसते हुए छिछले समुद्रों को भू-अभिनति नाम से

¹ “Geosynclines are shallow water areas in which sedimentation and subsidence take place simultaneously.”

² “Geosynclines are water areas in which sedimentation take place more or less regularly.”

³ “Geosynclines are long but narrow and shallow water depressions characterized by sedimentation and subsequent subsidence.”

⁴ “In general, the geosynclines have been long and relatively narrow depressions, which seem to have subsided during the accumulation of sediments in them.”

सम्बोधित किया। किन्तु भू-अभिनति के विचार को सिद्धान्त रूप में प्रस्तुत करने का श्रेय हाग (Haug) को ही है। स्टीयर्स के शब्दों में,

“While the theory of geosynclines is due to Haug, the concept of idea belongs to Hall and Dana.”

हाग ने सर्वप्रथम पुरा भौगोलिक काल के मानचित्र तैयार किये और उनमें भू-अभिनतियों के वितरण को दर्शाया। वर्तमान समय में पृथ्वी पर फैली हुई बड़ी-बड़ी पर्वत श्रेणियाँ उन्हीं भू-अभिनतियों का प्रतिनिधित्व करती हैं।

हाल तथा डाना का मत—सर्वप्रथम डाना ने अपने अध्ययन और खोज के द्वारा यह पता लगाया कि वलित पर्वतों का निर्माण करने वाली चट्टानें मुख्यतः अवसादी चट्टानें हैं जिनकी रचना समुद्रों में हुई है। इन चट्टानों का निक्षेप ऐसे समुद्रों में हुआ है जो लम्बे, सँकरे तथा उथले थे। ऐसे समुद्री भागों को ही सर्वप्रथम डाना ने भू-अभिनति नाम दिया। उसने अपने विचार को और अधिक स्पष्ट करते हुए बताया कि भू-अभिनतियाँ न केवल लम्बे, सँकरे व उथले समुद्री भाग ही हैं अपितु वे निरन्तर नीचे धँसते हुए क्षेत्र भी होते हैं।

भू-अभिनतियों और वलित पर्वत-श्रेणियों के बीच सम्बन्ध स्थापित कर उसे स्पष्ट करने का श्रेय हाल को है। उसके मतानुसार पर्वतों की अवसादी शैलों की रचना किसी छिड़ले समुद्र में हुई है। पर्वतों का निर्माण करने वाला 20 से 30 हजार फुट मोटा पदार्थ केवल सागर को पाट ही न देगा, वरन् ऊपर भी उठ जायगा। अतः यह निष्कर्ष निकाला गया कि अवसादन के साथ-साथ समुद्र की तली भी नीचे धँसती रहती है। ऐसी दशा में ही वहाँ अपार मात्रा में अवसाद जमा हो सकते हैं और उनके ऊपर जल की गहराई भी सम्पूर्ण भू-अवनति काल तक एक-सी रही होगी।

हाग का मत—यद्यपि भू-अभिनति के विचार का प्रतिपादन हाल तथा डाना ने किया था, किन्तु इस विचार को सिद्धान्त रूप में प्रस्तुत करने का श्रेय हाग को ही है। उसके अनुसार भू-अभिनतियाँ अपेक्षाकृत गहरे जल के भाग होते हैं, जिनकी लम्बाई चौड़ाई की अपेक्षा अधिक होती है। इनमें अवसादों का निरन्तर निक्षेप होता रहता है। इन अवसादों के बीच में जीवाश्म भी एकत्रित होते रहते हैं। अवसादों की मोटाई और जीवाश्मों के प्रकार को देखकर भू-अभिनतियों की गहराई का सरलता से अनुमान लगाया जा सकता है। किन्तु भू-अभिनतियों का विकास इतना सीधा व सरल नहीं है, जैसा कि हाग ने कल्पना की है।

सर्वप्रथम हाग ने पैलोजोइक कल्प का मानचित्र बनाया और उस पर भू-अभिनतियों को प्रदर्शित किया। इस मानचित्र के द्वारा उसने स्पष्ट किया कि वर्तमान समय में जहाँ पर्वत श्रेणियाँ खड़ी हैं वहाँ पहले भू-अभिनतियाँ फैली हुई थीं। इन भू-अभिनतियों की स्थिति प्राचीन दृढ़ भू-खण्डों के बीच गतिशील क्षेत्रों के रूप में थी। उसने बताया कि मेसोजोइक कल्प में पाँच प्राचीन दृढ़ भू-खण्ड थे—(1) उत्तरी अटलाण्टिक भू-खण्ड, (2) सिनो-साइबेरियन भू-खण्ड, (3) अफ्रीका-ब्राजील भू-खण्ड, (4) आस्ट्रेलिया-इण्डिया-मैडेगास्कर भू-खण्ड, तथा (5) पैसिफिक भू-खण्ड। इन भू-खण्डों के बीच निम्न भू-अभिनतियों के गतिशील क्षेत्र थे—(1) राकीज भू-अभिनति, (2) यूराल भू-अभिनति, (3) टेथीज भू-अभिनति, (4) परिप्रणान्त भू-अभिनति। इस प्रकार हाग ने मेसोजोइक कल्प में जल भागों (भू-अभिनतियों) की तुलना में दृढ़-भू-खण्डों का विस्तार अधिक बताया।

हाग ने उपरोक्त मानचित्र के द्वारा न केवल भू-अभिनतियों के आकार और उनकी विशेषताओं पर ही प्रकाश डाला अपितु उनके विकास की व्याख्या भी प्रस्तुत की। उसके अनुसार भू-अभिनतियों में अवसाद का निक्षेप एक क्रम से होता है। भू-अभिनति के किनारे मध्यवर्ती भाग की अपेक्षा उथले होते हैं। इन किनारों पर समुद्री अतिक्रमण (transgression) तथा निवर्तन (regression) का स्पष्ट प्रभाव होता है। भू-अभिनति के किनारों पर मोटे तथा मध्यवर्ती भाग में

बारीक अवसाद का निक्षेप होता है। इन अवसादों के बीच में जीवाश्म (fossils) भी निक्षेपित होते रहते हैं। अवसादों की मोटाई और जीवाश्मों के प्रकार को देखकर भू-अभिनतियों की गहराई का सरलता से अनुमान लगाया जा सकता है। किन्तु भू-अभिनतियों का विकास इतना सीधा व सरल नहीं है, जैसा कि हाग ने कल्पना की है। जब कभी भू-अभिनतियों के पार्श्व भागों से दबाव पड़ता है तो भू-अभिनति के अवसादों में भिचाव के कारण मोड़ अथवा वलन की क्रिया होने लगती है। परिणामस्वरूप वलित पर्वतों की रचना होती है। परन्तु यह आवश्यक नहीं है कि एक भू-अभिनति अवसादों के निक्षेप, धँसाव, भिचाव एवं वलन क्रिया आदि विकास की सभी अवस्थाओं को पार करे। कभी-कभी भू-अभिनति में लम्बे समय तक अवसादों के निक्षेप होते रहने पर भी पर्वतों का निर्माण नहीं होता जबकि एक स्थान पर कई बार भू-अभिनति की अवस्थाएँ उत्पन्न हो जाती हैं और वहाँ कई बार पर्वत निर्माण कार्य होता है।

आलोचना—यद्यपि हाग ने भू-अभिनति की संकल्पना को सिद्धान्त रूप प्रस्तुत कर बड़ा ही सराहनीय कार्य किया परन्तु उसके सिद्धान्त में कई असंगतियाँ भी पायी जाती हैं जो निम्न है :

(1) हाग ने मेसोजोइक कल्प में दृढ़ भू-खण्डों के विस्तार का गलत वर्णन किया। जल की अपेक्षा स्थल के विस्तार को अधिक बताया जबकि संसार में स्थल की अपेक्षा जल का विस्तार सदैव ही अधिक रहा है।

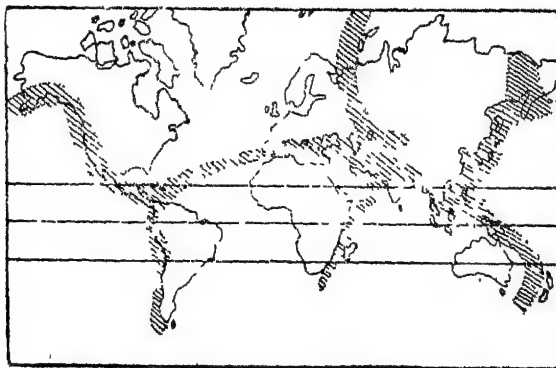
(2) उसने अत्यधिक गहरी भू-अभिनतियों की कल्पना की जो तथ्यों के विपरीत है।

(3) भू-वैज्ञानिकों ने यह प्रमाणित कर दिया है कि वलित पर्वतों में पायी जाने वाली चट्टानों का निक्षेप उथले समुद्रों में हुआ है।

(4) उसने अपने मत की पुष्टि के लिए कल्पित तथ्यों का समावेश किया।

शूकर्ट (Schuchert) का मत—शूकर्ट की मान्यता है कि भू-अभिनतियों का कोई एक निश्चित स्वरूप नहीं है। उसने भू-अभिनतियों के तीन प्रकार बताये हैं :

(1) **एकाकी भू-अभिनतियाँ (Mono Geosynclines)**—ये एक प्रकार के लम्बे और अपेक्षाकृत सँकरे सागर हैं जिनकी तली अवसाद के भार से बराबर नीचे धँसती रही है। ये भू-अभिनतियाँ छिछले सागर में ही बनती हैं। इसलिए अवसाद की अधिक मोटाई समुद्र की तली के



चित्र 433—संसार में भू-अभिनतियों का वितरण

निमज्जन से ही सम्भव होती है। अप्लेशियन पर्वत के पदार्थों की विशाल मोटाई इसका प्रमाण है। ये भू-अभिनतियाँ महाद्वीपों के भीतर अथवा उसके किनारे कहीं भी स्थित हो सकती हैं। ये भू-अभिनतियाँ ठीक 'हाल' और 'डाना' की कल्पना के अनुकूल हैं।

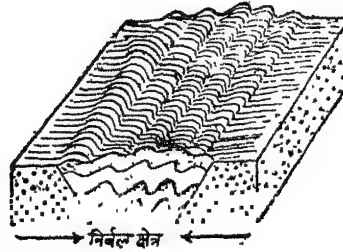
(2) **बहु भू-अभिनतियाँ (Foly-Geosynclines)**—ये भू-अभिनतियाँ एकाकी भू-अभिनतियों की अपेक्षा चौड़े एवं विस्तृत सागर रहे हैं। इनमें अवसाद का निक्षेप भी अधिक काल तक होता रहा। इनकी स्थिति ठीक एकाकी भू-अभिनतियों के समान ही होती है परन्तु इनके अवसाद के सम्पीडन की अवस्था में कई भू-अपनतियों (geoanticlines) की उत्पत्ति हुई। इन भू-अपनतियों के स्थान पर ही समान्तर पर्वत-श्रेणियाँ बनीं। शूकर्ट के अनुसार रॉकीज और यूराल पर्वत बहु भू-अभिनतियों के स्थान पर ही बने हैं।

(3) **मध्य भू-अभिनतियाँ (Meso-Geosynclines)**—मध्य भू-अभिनतियाँ लम्बे, सँकरे एवं गतिशील समुद्र रहे हैं जो वास्तव में महाद्वीपों से घिरे हुए थे। ये भू-अभिनतियाँ बहुत ही गहरी होती हैं। ये एक से अधिक भू-अभिनति अवस्थाओं से गुजर चुकी होती हैं। टेथिज नामक महासागर ऐसी ही भू-अभिनति थी। उसी के स्थान पर आज आल्प्स और हिमालय पर्वत खड़े हैं। हाग ने ऐसी मध्य भू-अभिनतियों की ही कल्पना की थी।

इवान्स का मत—जे० डब्ल्यू० इवान्स भू-अभिनति को अवसादन की अधोगति (sedimentation subsidence) कहना अधिक बुद्धिसंगत मानते हैं। उनके मतानुसार भू-अभिनति का आकार बदलता रहता है। इसके कई आकार हो सकते हैं। इसकी स्थिति भी कई प्रकार की हो सकती है। इवान्स ने इसकी चार स्थितियाँ बतायी हैं :

- (1) महाद्वीपों के समीप समुद्री किनारों के निकट,
- (2) किसी बड़ी नदी के मुहाने के निकट,
- (3) दो महाद्वीपों के मध्य भीतरी सागरों में,
- (4) पर्वत या पठारों के समीप मैदानों में।

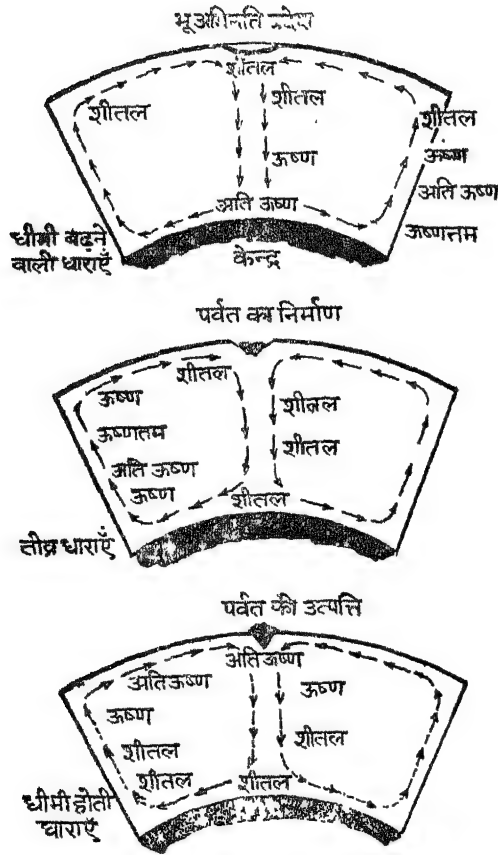
इवान्स के अनुसार जहाँ भी बड़ी मात्रा में अवसादों का निक्षेप होता है वहीं अवसादों के भार के कारण क्षेत्र का निमज्जन होता है। भू-पटल की अधोगति चाहे अवसादों के भारस्वरूप हो अथवा उनके खिंचाव के कारण, प्रत्येक अवस्था में उनके नीचे का सीमा (sima) पदार्थ हट जाता है जिससे भू-सन्तुलन की व्यवस्था भंग हो जाती है और विक्षेपित अवसाद अधिकाधिक सम्पीडित होते जाते हैं जिससे भू-अभिनतियों के स्थान पर ही पर्वत-श्रेणियाँ बन जाती हैं।



चित्र 434—भू-अभिनति के पदार्थों का सम्पीडन द्वारा मुड़ाव

होम्स का मत—होम्स ने भू-अभिनतियों के विभिन्न प्रकारों का विशद अध्ययन कर उनकी उत्पत्ति को स्पष्ट करने का पूर्ण प्रयास किया। साथ ही साथ उसने भू-अभिनतियों में अवसादों के निक्षेप तथा उनकी तली के घँसाव की क्रिया को पूरी तरह समझाया। होम्स की मान्यता है कि अवसादों के भार के कारण यद्यपि भू-अभिनति की तली का घँसाव होता है, परन्तु घँसाव की यह क्रिया बड़े पैमाने पर नहीं हो सकती। तली का अत्यधिक घँसाव भू-गर्भिक शक्तियों द्वारा सम्भव होता है। इसमें भी घँसाव की गति बड़ी मन्द होती है। उदाहरणतः अप्लेशियन भू-अभिनति में 40 हजार फुट मोटे अवसादों के निक्षेप का कार्य 30 करोड़ वर्षों में पूरा हुआ। दूसरे शब्दों में प्रति फुट अवसादों का निक्षेप 7500 वर्षों में सम्भव हो सका। होम्स के अनुसार भू-अभिनतियों का उद्भव तथा विकास अग्रलिखित प्रकार से होता है :

(1) मैग्मा के स्थानान्तरण द्वारा—पृथ्वी की संरचना की व्याख्या करते हुए होम्स ने बताया कि पृथ्वी के ऊपरी भू-पटल अथवा क्रस्ट (crust) की रचना तीन विभिन्न परतों द्वारा हुई है—(1) सर्वप्रथम परतदार शैलों के ऊपरी आवरण के नीचे बाह्य परत है जो 10 से 12 किलोमीटर मोटी है तथा ग्रेनोडायोराइट शैलों से बनी हुई है। (2) इसके नीचे मध्यवर्ती परत है जो 20 से 25 किलोमीटर मोटी है तथा एम्फीबोलाइट शैलों से बनी है। (3) मध्यवर्ती के नीचे इक्लोजाइट तथा पेरिडोटाइट शैलों से निर्मित सबसे निचली परत है। इस निचली परत का ऊपरी भाग खेदार तथा नीचे का भाग काँच के समान है। होम्स की मान्यता है कि मध्यवर्ती परत के नीचे मैग्मा का स्थानान्तरण हो जाने से धँसाव होने लगता है जिससे भू-अभिनतियों का निर्माण होता है। कोरल, तस्मान, अराफुरा, वेडल तथा रास सागर इस प्रकार उत्पन्न भू-अभिनतियों के प्रमुख उदाहरण हैं। कई विद्वानों ने इस मत की कटु आलोचना की है। उनके मतानुसार मैग्मा के स्थानान्तरण से इस प्रकार की भू-अभिनतियों का आविर्भाव कदापि सम्भव नहीं है।



चित्र 435—आर्थर होम्स की भू-अभिनति परिकल्पना

की मान्यता है कि धरातल के नीचे जहाँ कहीं ताप की दो सवाहन धाराएँ परस्पर मिलती हैं वहाँ सम्पीडन होने लगता है। सम्पीडन की इस क्रिया से निचली परत में चट्टानों का कायान्तरण होने लगता है जिससे उनका घनत्व बढ़ जाता है। घनत्व बढ़ने से निचली परत में अवतलन और धँसाव की क्रिया होती है। परिणामस्वरूप उस स्थान पर भू-अभिनति का आविर्भाव हो जाता है। भूमध्यसागर तथा कैरेबियन सागर इस प्रकार की भू-अभिनतियों के प्रतीक हैं। कई विद्वान होम्स के उपरोक्त मत से सहमत नहीं हैं। उनका कहना है कि निचली परत में सवाहन धाराओं के मिलने पर ताप की वृद्धि होगी जिससे वहाँ चट्टानें पिघलकर द्रव रूप में बदल जायँगी। इस प्रकार वहाँ बड़े पैमाने पर चट्टानों का रूपान्तरण सम्भव नहीं हो सकता। अतः रूपान्तरण द्वारा भू-अभिनतियों का निर्माण सम्भव नहीं लगता।

(3) सम्पीडन द्वारा—सम्पीडन के कारण जहाँ बड़े-बड़े पर्वतों का निर्माण होता है वहाँ भू-अभिनतियों का भी इससे जन्म होता है। पर्वतों की उत्पत्ति के समय अग्रप्रदेश (foreland) की ओर पर्वतों के सामने दबाव की शक्तियों द्वारा स्थल का भाग नीचे धँसा जाता है और वहाँ भू-अभिनति का जन्म हो जाता है। सिन्ध-गंगा का खड्ड तथा फारस की खाड़ी ऐसी ही भू-अभिनतियाँ हैं।

(4) **सियाल परत के पतला होने से**—जब किसी महाद्वीपीय धरातल के नीचे दो संवाहन धाराएँ एक-दूसरे की विपरीत दिशा में प्रवाहित होती हैं तो वहाँ दो स्थितियाँ उत्पन्न होने की सम्भावनाएँ होती हैं : प्रथम स्थिति में इन धाराओं के विपरीत दिशा में चलने के कारण तनाव उत्पन्न होता है। इस तनाव के कारण सियाल परत नीचे से पतली होती रहती है, जिसके फल-स्वरूप दो स्थलखण्डों में फैलाव होने से भू-अभिनतियों का जन्म होता है। टेथीज नामक भू-अभिनति का निर्माण इसी प्रकार हुआ है। दूसरी स्थिति में संवाहनीय धाराओं के अत्यधिक तीव्र हो जाने से तनाव भी अत्यधिक बढ़ जाता है। अत्यधिक तनाव पड़ने के कारण दो स्थलखण्ड एक-दूसरे से अलग हो जाते हैं और वहाँ भू-अभिनति का आविर्भाव हो जाता है। यूराल भू-अभिनति इसका उदाहरण है।

उपरोक्त विद्वानों के अतिरिक्त कुछ अन्य विद्वानों ने भी भू-अभिनतियों की विशेषताओं तथा उनकी स्थितियों की विवेचनाएँ प्रस्तुत की हैं। इन विद्वानों में डस्टर, स्टील तथा केई महोदय प्रमुख हैं। डस्टर महोदय ने पर्वत श्रेणियों की रचना के आधार पर भू-अभिनतियों को तीन भागों में विभाजित किया है—(1) अन्तर-महाद्वीपीय भू-अभिनति (Inter-continental Geosyncline), (2) परि-महाद्वीपीय भू-अभिनति (Circum-continental Geosyncline) तथा (3) परि-सागरीय भू-अभिनति (Circum-oceanic Geosyncline)।

पृथ्वी के धरातल पर भू-अभिनतियों जैसे महत्त्वपूर्ण रूप क्यों बनते हैं, इसका कोई स्पष्ट उत्तर नहीं दिया जा सकता। अभी वह समय दूर है जबकि इनके निर्माण के विषय में कोई निश्चित मत स्थिर किया जा सकेगा।

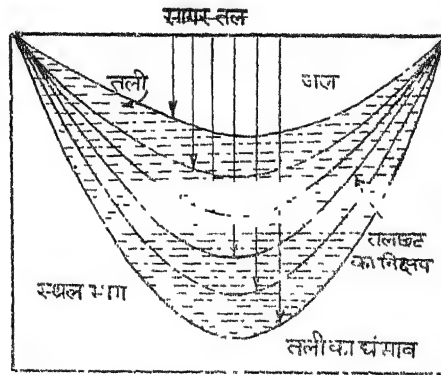
पर्वतीकरण चक्र (Orogenic Cycle)

संसार में फैले हुए सभी पर्वतों का एक जीवन-इतिहास है। पर्वतों के इतिहास द्वारा यह विदित होता है कि उनके विकास-क्रम की कुछ निश्चित अवस्थाएँ हैं। प्रारम्भ में धरातल का पदार्थ सँकरे व गहरे समुद्रों—अभिनतियों—में जमा होता है। यह पदार्थ अपने ही बढ़ते हुए भार तथा किनारों के सम्पीडन के कारण धीरे-धीरे गहराई में पहुँचता जाता है। तत्पश्चात् भू-गर्भिक हल-चलों के कारण वह गहराई से ऊपर उठता है और उसमें बलन पड़ते हैं। सम्पीडन के अनुसार उसमें बलन पड़ने की क्रिया और ऊँचाई दोनों ही बढ़ते जाते हैं। धरातल के ऊपर उठ जाने के उपरान्त अनाच्छादन के साधनों द्वारा उनका पुनः अपक्षय प्रारम्भ हो जाता है। उनकी ऊँचाई धीरे-धीरे कम होने लगती है और उनके शिखर समतल हो जाते हैं। इस प्रकार समस्त पर्वतीय प्रदेश कालान्तर में घिस-घिसाकर एक खुला हुआ पहाड़ी प्रदेश बन जाता है। पर्वतों से कट-कटकर नष्ट होने वाला पदार्थ पुनः समुद्रों में पहुँचकर नवीन पर्वतों की आधारशिला रखता है। इस प्रकार पर्वतों के निर्माण और उनके अन्त के बीच की विभिन्न अवस्थाएँ एक चक्र का निर्माण करती हैं। पर्वतों के उत्थान-पतन के इसी चक्र को 'पर्वतीकरण चक्र' कहा जाता है। कभी-कभी पर्वत अपनी अन्तिम अवस्था को प्राप्त होने के पूर्व ही नवजीवन प्राप्त कर लेते हैं। ऐसी दशा में पुनः उनकी ऊँचाई बढ़ जाती है।

पर्वत निर्माण की अवस्थाएँ (Phases in Mountain Building)

यद्यपि प्रत्येक पर्वत की अपनी विशेषताएँ होती हैं और उसके निर्माण में अनेक जटिलताएँ देखी जाती हैं, किन्तु फिर भी बलित पर्वतों के जीवन इतिहास को साधारणतः तीन भागों में बाँटा जा सकता है :

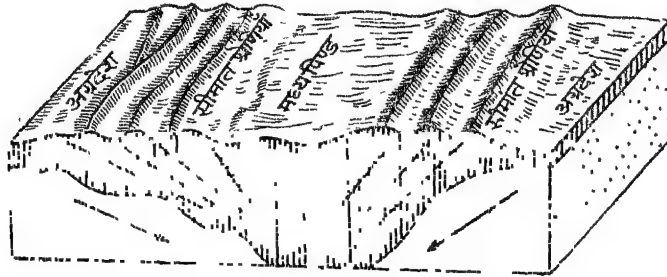
(1) भू-अभिनति अवस्था (Lithogenesis)—यह पर्वत-निर्माण की प्रारम्भिक अवस्था



चित्र 436—भू-अभिनति अवस्था

है। इस अवस्था में पर्वतों की रचना के लिए भू-अभिनति का निर्माण होता है जो नदियों द्वारा लाये गये अवसाद (sediment) से ढँकी रहती है और अवसाद के भार के साथ नीचे धँसती रहती है।

(2) पर्वत-निर्माण अवस्था (Orogenesis)—यह पर्वत-निर्माण की दूसरी अवस्था है। इस



चित्र 437—पर्वत-निर्माण अवस्था

अवस्था में क्षितिजोत्तर दबाव के कारण भू-अभिनति के स्तरों में वलन (fold) पड़ जाते हैं तथा भ्रंशन (faulting) होता है जिससे पर्वत प्रदेश का निर्माण होता है।

(3) आकार-निर्माण अवस्था (Glyptogenesis)—यह पर्वत-निर्माण की तीसरी अवस्था है। इस अवस्था में पर्वत श्रेणियों की अनाच्छादन के साधनों द्वारा काट-छाँट प्रारम्भ हो जाती है, जिससे उनकी ऊँचाई क्रमशः घटने लगती है और उनके विशिष्ट आकार बन जाते हैं।

यदि हम इस प्रश्न पर थोड़ा गहराई से विचार करें तो यह कहा जा सकता है कि पर्वत-निर्माण क्रिया के आरम्भ के लिए सबसे पहली और अनिवार्य अवस्था ऐसे निम्न भू-भाग अर्थात्—भू-अभिनति—का पाया जाना है जो साधारणतः काफी गहरी हो और उसमें समीपीय उच्च प्रदेशों के अवसाद (sediments) आकर जमा होते हों। यह निम्न भू-भाग अर्थात् भू-अभिनति एकत्रित अवसाद के भार से शनैः-शनैः नीचे धँसती जाती है। संक्षेप में, इस प्रक्रिया को 'अवसाद की अधोगति' (sedimentation subsidence) कहा जा सकता है किन्तु इस प्रक्रिया द्वारा जो घँसाव होता है उसकी एक निश्चित सीमा होती है। परन्तु भू-अभिनतियों में एकत्रित 'अवसादों का जमाव इतना अधिक हुआ है जो इस प्रकार कदापि स्पष्ट नहीं किया जा सकता। इसका एक सम्भव कारण यह हो सकता है कि घरातल पर सम्पीडन (compression) उत्पन्न होने पर भू-अवनति

के स्तर मुड़ जाते हैं और उसके दोनों छोर एक-दूसरे के निकट आ जाते हैं। भू-अभिनति के छोरों के समीप आ जाने से उसकी गहराई बढ़ जाती है। इस क्रिया को 'सम्पीडन की अधोगति' (compression subsidence) कहते हैं। इस क्रिया द्वारा यद्यपि भू-अभिनति की गहराई और सवीर्णता बढ़ती जाती है परन्तु सामान्यतः भू-अभिनति में अवसादों का निक्षेप उसके गहरे होने की अपेक्षा अधिक तीव्रता से होता है। अतः कालान्तर में भू-अभिनति अवसादों द्वारा पूर्णतः भर जाती है।

भू-अभिनति के पूर्ण भर जाने के उपरान्त जब और सम्पीडन उत्पन्न होता है तो पर्वत-निर्माण की वास्तविक अवस्था प्रारम्भ होती है। दो विरोधी दशाओं से पड़ने वाले सम्पीडन के कारण भू-अभिनति का अवसाद भंजित हो जाता है और उसमें अनेक मोड़ पड़ जाते हैं। जब सम्पीडन की मात्रा बहुत अधिक बढ़ जाती है तो उसमें भ्रंश (faults) उत्पन्न हो जाते हैं। भ्रंशन के कारण प्रायः एक स्तर दूसरे पर चढ़ जाता है। इस प्रकार बलन (folding) और भ्रंशन (faulting) अथवा दोनों की क्रियाओं से परत के ऊपर परत के चढ़ते रहने से भू-अभिनति के अवसादों के निक्षेप की मोटाई बढ़ती जाती है जिससे भू-अभिनति के भार की मात्रा अधिक हो जाती है। भार के बढ़ जाने पर भू-अभिनति नीचे धँस जाती है। भू-अभिनति की इस अधोगति को बलन या भ्रंशन की अधोगति (folding and faulting subsidence) कहते हैं। किन्तु इस प्रकार सतत रूप से होते रहने वाले धँसाव से हल्की चट्टानें (कम घनत्व वाली) सीमा (sima) में बहुत दूर तक घुस जाती है, जिससे सीमा वहाँ से हट जाती है। पर्वत-निर्माण अवस्था के अन्त में भू-अभिनति का पदार्थ धरातल की साधारण सतह से चाहे कितना ही ऊपर उठे उससे कई गुना अधिक वह नीचे धँस जाता है, क्योंकि भू-अभिनति के ऊपर उठते हुए पदार्थ को अपना सन्तुलन कायम रखना जरूरी है। कभी-कभी जब सम्पीडन जारी रहता है तो अवसादन की अधोगति अपने किनारों (sides) से पड़ने वाले सम्पीडन के कारण बन्द हो जाती है। जैसे यदि हम किसी लकड़ी के टुकड़े को अपने तैरने की सामान्य स्थिति से नीचे दबाये तो हम उसको उस स्थिति में तभी बनाये रख सकते हैं जबकि उसके ऊपर कोई वजन रख दें अथवा उसके किनारों को विपरीत दिशाओं से जोर से दबा दें। परन्तु ज्योंही दबाव कम होगा वह टुकड़ा पुनः ऊपर उठ जायेगा। यही बात पर्वतों के सम्बन्ध में भी है। इस प्रकार पर्वत-निर्माण क्रिया के बहुत बाद की अवस्था में बलन और भ्रंशन बन चुकने के काफी बाद—प्रायः पर्वत ऊँचे उठ जाते हैं। कुछ विद्वानों ने पर्वतों के ऊँचे उठने का और ही कारण सुझाया है। उनका कहना है कि सम्पीडन के कारण पर्वतों की जड़े अधःस्तर में बहुत नीचे तक प्रवेश कर जाती हैं। अधःस्तर में भीषण गर्मी के कारण वे फैल जाती हैं। पर्वतों की जड़ों के इस प्रकार फैलने से ही बाद में पर्वत ऊँचे उठते हैं। पर्वतों के ऊपर उठने के इन दोनों कारणों का सापेक्षिक प्रभाव जो कुछ भी हो, किन्तु यह निर्विवाद है कि बलन (folding) की समाप्ति पर क्षितिजोत्तर सम्पीडन और पर्वतों का ऊँचा उठना दोनों ही विशिष्ट घटनाएँ हैं।

पर्वत-निर्माण की इस अवस्था के बाद पर्वत-श्रेणियाँ बन जाती हैं तो धरातल पर कार्य-शील अनाच्छादन की शक्तियाँ उसकी काट-छाँट प्रारम्भ कर देती हैं। इन शक्तियों के वशीभूत पर्वत-श्रेणियों की ऊँचाई पुनः धीरे-धीरे कम होने लगती है। इन शक्तियों का महत्त्व इसी से समझा जा सकता है कि हाल ही में ऊपर उठे हुए आल्प्स पर्वत में पश्चिमी आल्प्स की श्रेणियाँ अपक्षय के प्रभाव से आठ-नौ मील घिसकर नष्ट हो चुकी हैं, किन्तु पूर्वी आल्प्स की श्रेणियाँ जो कम ऊँची उठी हुई थी अनाच्छादन से कम प्रभावित हुईं।

बलित पर्वतों की संरचना (Structure of Folded Mountains)

पृथ्वी के धरातल पर बने पर्वतों में बलित पर्वत ही विशेष महत्त्वपूर्ण हैं। इसकी यह

महत्ता विशिष्ट ऊँचाई अथवा धरातल पर विस्तृत फैलाव के कारण ही नहीं अपितु इनकी संरचना के कारण ही सर्वाधिक है। संरचना की दृष्टि से ये अन्य पर्वतों से एकदम भिन्न और कई विशेषताएँ लिए हुए होते हैं। इसलिए इन पर्वतों का विशेष अध्ययन आवश्यक है।

साधारणतः वलित पर्वत समुद्रतटों के समान्तर ही अधिक फैले हुए देखे जाते हैं। संसार के प्रायः सभी प्रमुख वलित पर्वत—रॉकीज, एण्डीज, आल्प्स, एटलस आदि—इसके उदाहरण हैं। रॉकीज तथा एण्डीज की श्रेणियाँ उत्तरी तथा दक्षिणी अमरीका के पश्चिमी तट के बराबर-बराबर उत्तर से दक्षिण को फैली हुई हैं। आस्ट्रेलिया में ग्रेट डिवाइडिंग श्रेणी भी पूर्वी तट पर उत्तर से दक्षिण को चली गयी है। अफ्रीका में एटलस पर्वत उत्तरी तट पर पूर्व से पश्चिम को फैला हुआ है। इसी प्रकार यूरेशिया की श्रेणियाँ दक्षिणी तट के सहारे पूर्व से पश्चिम को चली गयी हैं। इससे भी अधिक चर्चित करने वाली बात तो यह है कि सब कहीं इन पर्वत-श्रेणियों की आकृति टेढ़ी-मेढ़ी अर्थात् वक्र-रूप में मिलती है। इनका यह वक्र-रूप अपने समीपीय भाग के पूर्व रूप से बहुत अधिक मेल खाता देखा गया है। जैसे यूरोप में आल्प्स पर्वत अपने समीप विद्यमान फ्रांस तथा बोहेमिया के पठार की आकृति के अनुसार मुड़ गया है। इसी प्रकार कारपेथियन पर्वत भी बोहेमिया और रूमानिया के पठारों के अनुसार वक्र हो गया है। भारत में हिमालय पर्वत की आकृति भी दक्षिण के पठार के अनुरूप ही है। वलित पर्वतों में उनके वक्र-रूप के साथ-साथ कई श्रेणियाँ भी देखी जाती हैं। संसार में कोई भी ऐसा पर्वत नहीं है जिसमें श्रेणियों की अधिकता न हो। ये सब श्रेणियाँ भी मुख्य पर्वत श्रेणी के अनुसार टेढ़ी होती हैं। इस प्रकार वलित पर्वतों में श्रेणियों का पाया जाना और उन सबका टेढ़ा-मेढ़ा होना इनके बनावट की प्रमुख विशेषता है। इस विशेषता के आधार पर ही यह माना जाता है कि वलित पर्वतों का जन्म क्षितिजोत्तर दबाव के कारण ही हुआ होगा। इस बात की सत्यता इनमें पायी जाने वाली प्रतिनति ग्रीवा क्षेत्र (nappe zone) से भी प्रकट होती है।

वलित पर्वतों में सम्पीडन के कारण अनेक वलन पड़ जाते हैं जिससे उनमें सब कहीं अपनति (anticline) और अभिनति (syncline) का निर्माण होता है। जब कभी दबाव एक ही दिशा से और निरन्तर रूप से आता रहता है तो वलनों की बनावट में बड़ी जटिलताएँ उत्पन्न हो जाती हैं। कई बार एक के ऊपर एक कई वलन (over fold) जमा हो जाते हैं। यदाकदा जब सम्पीडन बहुत अधिक होता है तो अपनति (anticline) का ऊपरी भाग (ग्रीवा) टूटकर सैकड़ों मील दूर चला जाता है। अपने मूल स्थानों (roots) से हटकर आने वाले इन ग्रीवाखण्डों का उस स्थान की संरचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। कभी-कभी एक ग्रीवाखण्ड के ऊपर दूसरा आरोपित होता देखा जाता है। ग्रीवाखण्डों की यह व्यवस्था आल्प्स व हिमालय आदि सभी बड़े-बड़े पर्वतों में देखी जाती है। पर्वतों में जहाँ ऐसे ग्रीवाखण्ड पाये जाते हैं उन्हें 'ग्रीवा क्षेत्र' (nappe zone) कहा जाता है। संरचना की दृष्टि से ये ग्रीवा क्षेत्र पर्वतीय वलन की सबसे बड़ी जटिलता है। किन्तु जहाँ कहीं नवीन चट्टानों के ऊपर स्थित पुरानी चट्टानें घिस-घिसकर नष्ट हो गयी हैं वहाँ नीचे की नवीन चट्टानें दिखाई पड़ने लगी हैं। इस प्रकार दिखाई पड़ने वाले नवीन चट्टानी भाग को 'संरचना द्वार' (structural window) कहा जाता है। ये संरचना द्वार ही उस स्थान की वास्तविक संरचना को प्रकट करते हैं। नीचे हिमालय के कुछ क्षेत्रों की संरचना का विवरण दिया जा रहा है।

हिमालय के कश्मीर व शिमला क्षेत्र की संरचना

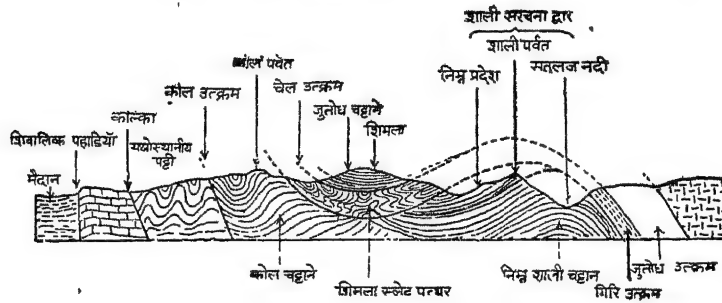
डॉ० डी० एन० वाडिया ने हिमालय के कश्मीर क्षेत्र के तीन संरचना तत्त्व बताये हैं :
(1) प्राचीन चट्टानी अग्र प्रदेश का आगे निकला हुआ भाग जो अल्प-नूतन और आदि-नूतन युग की चट्टानों के नीचे दबा हुआ है। (2) यथास्थानीय पट्टी (autochthonous belt) जो अगर

युग और आदि-नूतन (Eocene) युग की वलित चट्टानों से बनी है। (3) भीतरी हिमालय का ग्रीवा क्षेत्र जो पंजाल वितोदन (Panjal thrust) के समान्तर फैला हुआ है। कश्मीर का ग्रीवा क्षेत्र पूर्व-कैम्ब्रियन की परतों और नवीन स्लेट से बना है। ग्रीवा क्षेत्र में सब कहीं बलन बने हुए हैं। आगे की ओर वितोदन के कारण सब बलन पंजाल वितोदन पर एकत्रित हो गये हैं।

कश्मीर ग्रीवा क्षेत्र के पूर्व में उसके मूल भागों से महा हिमालय श्रेणी (Great Himalayan range) खड़ी है। यह आर्कियन और पूर्व-कैम्ब्रियन युग की परतदार चट्टानों से बनी हुई है। इसकी परतदार चट्टानें विस्तीर्ण अपनति (geo-anticline) का निर्माण करती हैं।

कश्मीर की घाटी और पीर पंजाल की श्रेणियाँ ग्रीवा क्षेत्र के ही भाग हैं। यहाँ की चट्टानें तिब्बत क्षेत्र की चट्टानों से सर्वथा भिन्न हो गयी हैं। परन्तु मध्य हिमालय के पूर्वी भाग की चट्टानें इससे बहुत अधिक समानता रखती हैं।

हिमालय के शिमला क्षेत्र का पिलग्रिम (Pilgrim) और वेस्ट (West) प्रभृति विद्वानों ने भली प्रकार अध्ययन कर पता लगाया है कि इस क्षेत्र में विभिन्न स्थानों पर विभिन्न काल की चट्टानें पायी जाती हैं। ये चार या पाँच स्थानों पर टूट गयी हैं। इन टूटे हुए स्थानों से ही अलग-अलग काल की चट्टानें व्यक्तिगत रूप से पहचानी जा सकती हैं। इस भाग में सबसे पहले मुख्य सीमान्त वितोदन (main boundary fault) मिलता है जो शिवालिक पर्वत को हिमालय पर्वत से अलग करता है। हिमालय की चट्टानी पट्टी को यहाँ यथास्थानीय पट्टी (autochthonous belt) कहते हैं। इस स्थानीय पट्टी को क्रोल (Krol) वितोदन ने तोड़ डाला है। क्रोल वितोदन के आगे क्रोल चट्टानें आ गयी हैं और उसके बाद ग्रीवा क्षेत्र आ जाता है। इस ग्रीवा क्षेत्र में चेल और जुतोछ चट्टानें मिलती हैं। ग्रीवा क्षेत्र के दोनों ओर



चित्र 438—हिमालय के शिमला क्षेत्र की संरचना

जुतोछ और गिरी वितोदन हैं। उत्तर में शाली शिखर आ गया है। इसके समीप चेल वितोदन ने यहाँ संरचना द्वार (structural window) खोल दिया है जिससे हिमालय के निर्माण-काल का बहुत कुछ पता चल जाता है।

उपरोक्त वर्णन से पर्वतों की संरचना के मूल तत्त्वों तथा उसकी जटिलताओं का कुछ अनुमान लगाया जा सकता है।

आल्प्स पर्वत की उत्पत्ति (Formation of Alps)

आल्प्स पर्वत वलित पर्वतों का सर्वोत्तम उदाहरण है। संसार के पर्वतों में सबसे अधिक अध्ययन आल्प्स पर्वत का ही हुआ है। अतः आल्प्स के बारे में सबसे अधिक जानकारी उपलब्ध है। यद्यपि अभी भी इसकी रचना से सम्बन्धित कई ऐसे प्रश्न हैं जिनके बारे में वैज्ञानिकों में मतभेद है, परन्तु फिर भी इसकी रचना की मोटी रूपरेखा सामान्यतः सभी भू-गर्भवेत्ताओं द्वारा स्वीकार कर ली गयी है।

टेथिस महासागर आल्प्स का निर्माण-स्थल रहा है। संसार के मानचित्र में यद्यपि आज 'टेथिस' का कोई चिह्न नहीं है, किन्तु उसका प्रतिरूप 'भूमध्यसागर' आज भी वहाँ विद्यमान है। जिस स्थान पर आज भूमध्यसागर फैला हुआ है वहाँ किसी समय टेथिस नामक महासागर लहराया करता था। कार्बन युग (Carboniferous period) के अन्त में यह महासागर समस्त मध्य यूरोप और उत्तरी अफ्रीका को घेरे हुए था और पूर्व की ओर सुदूर एशिया में फैला हुआ था। इस प्रकार इस महासागर के उत्तर में यूरोपीय स्थलखण्ड और दक्षिण में अफ्रीका स्थलखण्ड था। इन दोनों ही स्थलखण्डों से आने वाली नदियाँ निरन्तर इस महासागर में अपरदित पदार्थ जमा करती थीं। यह क्रिया लाखों वर्षों तक चलती रही। क्रिटेशस युग के अन्त में आन्तरिक हलचलों से महासागर का नितल धीरे-धीरे ऊपर उठने लगा और दक्षिण से आने वाले धक्कों से पदार्थ उत्तर की ओर जमने और मुड़ने लगा। क्रिटेशस युग (Cretaceous period) में पुनः भीषण भू-गर्भिक हलचले प्रारम्भ हुईं जिससे यूरोप तथा अफ्रीका महाद्वीप खिचकर निकट आने लगे। इस खिंचाव अथवा दबाव से महासागरीय पदार्थ भिचने लगा और उसमें वलन (folds) पड़ने लगे। सम्पीडन के धीरे-धीरे और निरन्तर पड़ते रहने से पदार्थ ऊँचा उठता गया और वलन बढ़ते गये जिससे वह पर्वत रूप में बदल गया। तृतीय कल्प (Tertiary period) के अन्त तक पृथ्वी की अधिकांश क्षिति-जोत्तर हलचले (horizontal movements) बन्द हो गयीं। आल्प्स पर्वत की ऊँचाई मुख्यतः चतुर्थ कल्प (Quaternary period) में बढ़ी।¹

आल्प्स का आकार चक्राकार है। इसका नतोदर भाग दक्षिण की ओर तथा उन्नतोदर भाग उत्तर की ओर है। यह इस बात का स्पष्ट प्रमाण है कि पर्वत निर्माणकारी दबाव अधिकतर दक्षिण से ही आया। आल्प्स के आकार-निर्माण पर उत्तर तथा पश्चिम की ओर कठोर चट्टानों (stable rocks) की स्थिति का भी पूर्ण प्रभाव रहा है। इस पर्वत-निर्माण में दबाव की गति अफ्रीका से यूरोप की ओर रही है। यूरोप के जूरा आदि प्राचीन पर्वत अग्र प्रदेश के भाग हैं और डिनारिक आल्प्स जो पहले अफ्रीका के भाग थे, पृष्ठ प्रदेश के भाग हैं। इस प्रकार बनावट की दृष्टि से आल्प्स पर्वत चट्टानी पर्वतों का एक बड़ा समूह है। आल्प्स चट्टानों की एक के ऊपर एक परत जमी हुई है। ये चट्टानी परतें दक्षिण से लायी जाकर उत्क्रम तल (thrust plane) के सहारे धकेल दी गयीं। यूरोप के जूरा पर्वत और बोहेमिया का पठार (Böhmain highlands) उत्क्रम तल थे। अतः सम्पीडन का पूर्ण प्रभाव इन्हीं पर हुआ। दक्षिण से आने वाले दबाव का प्रभाव इतना अधिक था कि आल्प्स के अनेक वलन टूट कर अपने मूल स्थान से दूर हट गये। पर्वत के ऐसे टूटे हुए वलनों को ग्रीवा खण्ड (Nappe) कहा जाता है। आल्प्स में अनेक ग्रीवा खण्ड एक-दूसरे पर आरोपित देखे जाते हैं। आल्प्स की प्रसिद्ध ऊँची चोटियाँ सिम्पलन, ग्रेट सेण्ट बर्नाड, मोण्टेरोजा तथा दॉ ब्लांश आदि टूटे हुए ग्रीवा खण्ड ही हैं। आल्प्स का विख्यात मेटरहार्न पहाड़ दॉ ब्लांश ग्रीवा खण्ड का अवशिष्ट भाग ही है।

इन ग्रीवाखण्डों में प्राचीन चट्टानें ऊपरी भाग में और सबसे नवीन चट्टानें नीचे दबी हुई पायी जाती हैं। इन ग्रीवाखण्डों के बीच ऐसे पहाड़ मिलते हैं जिनकी चट्टानों के आस-पास मीलों दूर तक पायी जाने वाली चट्टानों से कोई मेल नहीं होता। मेटरहार्न ऐसे ही पहाड़ का एक उदाहरण है। यह नीस (Gneiss) नामक चट्टानों से बना है जो उसके आसपास नहीं पायी जातीं।

आल्प्स पर्वत के वर्तमान सर्वेक्षण (surveying) द्वारा यह ज्ञात हुआ कि अल्पाइन हलचले

¹ Samuel Rappart and Helen Wright द्वारा सम्पादित 'The Crust of the Earth' में Samuel J. Shand का लेख 'The Problem of Mountains', p. 113

अभी भी पूरी तरह समाप्त नहीं हुई है और आल्प्स का अग्र भाग अभी तक उत्तरी मैदान के ऊपर बढ रहा है जो पहाड़ों के सामने नीचे धँस रहा है।¹

आल्प्स पर्वत उन अनेक वलित पर्वतों में से एक है जो तृतीय युग (Tertiary period) की भू-गर्भिक हलचलों के द्वारा बने है। इन पर्वतों की शृंखला पिरिनीज से प्रारम्भ होकर आल्प्स, हिमालय और पूर्वी द्वीपसमूह को चली गयी है। यह शृंखला नयी दुनिया में पश्चिमी द्वीपसमूह, मेक्सिको, उत्तरी वेनेजुएला और उत्तरी अमरीका में राँकीज तथा दक्षिणी अमरीका में एण्डीज में भी फैली हुई पायी जाती है। जापान, फिलीपाइन और प्रशान्त द्वीपसमूह इन्हीं पर्वत-शृंखलाओं के ऊपरी सिरे है।

आल्प्स के इतिहास से हमें यह स्पष्ट हो जाता है कि पर्वत निर्माणकारी हलचलें कभी भी निरन्तर रूप से नहीं हुई हैं। ये हलचलें बीच-बीच में ठहरकर हुई हैं। किन्तु जब हम विश्व के विभिन्न भागों की पर्वत-श्रेणियों की तुलना करते हैं तो यह ज्ञात होता है कि पर्वत-निर्माण का समय मोटे तौर पर भिन्न-भिन्न और दूर स्थानों पर लगभग एक ही रहा है। जब यूरोप में आल्प्स पर्वत अपना रूप धारण कर रहा था तो उत्तरी अमरीका में राँकीज, एशिया में हिमालय और अन्य पर्वत-श्रेणियाँ तथा उत्तरी अफ्रीका में एटलस पर्वत भी ऊपर उठ रहे थे। यूरोप में क्रिटेशस युग की हलचलों ने बनी मोड़ें उत्तरी अमरीका के अप्लेशियन और दक्षिणी अफ्रीका में केप श्रेणियों के समकालीन है। यूरोप में सिलुरियन युग के अन्त में पर्वतीकरण हुआ है। इस समय स्कॉटलैण्ड व नार्वे में बड़ी-बड़ी श्रेणियों का उदय हुआ। वर्तमान समय में ये पहाड़ अपरदन के प्रभाव से केवल अवशिष्ट-मात्र ही है। इसी तरह कैम्ब्रिय काल में भी संसार के अधिकतर भाग में पृथ्वी के धरातल पर बड़ी भारी हलचलें हुईं।

हिमालय की उत्पत्ति (Formation of Himalayas)

समर में फैले मोड़दार पर्वतों में हिमालय सबसे बड़ा पर्वत है। हिमालय की रचना भी आल्प्स के समान ही हुई है। जिस प्रकार टेथिस महासागर आल्प्स का निर्माण-स्थल रहा है उसी तरह हिमालय का जन्म भी टेथिस महासागर से ही हुआ है। इस महासागर के उत्तर की ओर अंगारालैण्ड (Angaraland) और दक्षिण में गोंडवानालैण्ड (Gondwanaland) नामक भूमि थी।

लगभग 7 करोड़ वर्ष पूर्व मध्यजीव (Mesozoic) कल्प के अन्त में उपर्युक्त भौगोलिक परिस्थिति में अचानक परिवर्तन हुआ। इस परिवर्तन के फलस्वरूप गोंडवानालैण्ड और अंगारालैण्ड के मध्य में सागर लहराता था, उसका तल-प्रदेश भू-गर्भ के उत्पातों के कारण ऊपर उठते-उठते सागर जल की सतह तक आ पहुँचा और उसके जल ने गोंडवानालैण्ड के कुछ निम्न भागों को ढक लिया। इस प्रकार गोंडवाना महाद्वीप टूटकर उसके स्थान पर हिन्द महासागर की सृष्टि हुई। किन्तु टेथिस महासागर के तल-प्रदेश का उत्थान इतने पर भी समाप्त न हुआ। भू-गर्भिक हलचलों के कारण वह अधिकाधिक ऊँचा उठता गया और उसके फलस्वरूप ऐसी पर्वत श्रेणियों का निर्माण हुआ जो आज चीन से लेकर यूरोप तक फैली हुई पायी जाती है। हिमालय भी इन्हीं पर्वत-श्रेणियों में से एक है।

इस प्रकार प्रायद्वीपीय भारत एक ओर तो गोंडवानालैण्ड से पृथक होकर स्वतन्त्र भू-खण्ड बना और दूसरी ओर इस घटना के साथ ही साथ उत्तर में अंगारालैण्ड के दक्षिण की ओर खिसकने से टेथिस में एकत्रित भू-पदार्थ पर्वत-श्रेणियों में परिणत होने लगा। अतः संक्षेप में हिमालय का जन्म उत्तर की ओर से भारतीय प्रायद्वीप की ओर आने वाले धरातलीय धक्को—जो भू-परिवर्तन के कारण

¹ Samuel Rappart and Helen Wright द्वारा सम्पादित 'The Crust of the Earth' में Samuel J. Shand का लेख 'The Problem of Mountains,' p. 113

उत्पन्न हुए थे—के फलस्वरूप हुआ है। इन धक्कों के कारण एक के बाद एक कई मोड़दार पर्वत बने जो प्रायद्वीप की ओर बढ़कर उस पर अपना दबाव डालने लगे। ये धरातलीय धक्के दक्षिण की ओर अग्रसर होते गये परन्तु दक्षिण की ओर से इन पर प्रायद्वीपीय अग्र प्रदेश (foreland) तथा उत्तर-पश्चिम से अरावली और उत्तर-पूर्व से असम की पहाड़ियों का दबाव पड़ा। इसलिए हिमालय पर्वत का रूप वक्राकार हो गया।

हिमालय की रचना का एक लम्बा इतिहास है। इसकी समूची रचना एक ही बार में पूर्ण नहीं हुई बल्कि इसके उत्थान की कई अवस्थाएँ हैं। लगभग 7 करोड़ वर्ष पूर्व हिमालय का प्रथम उत्थान हुआ जिससे हिमालय की सृष्टि हुई। इस श्रेणी का निचला भाग अजीव चट्टानों और ऊपरी भाग प्रस्तरीभूत चट्टानों का बना हुआ था। पर्वत बनते ही उन पर से नदियाँ बहने लगी जो पर्वत के ऊपरी भाग की चट्टानों को काट-काटकर बालू और मिट्टी के रूप में समुद्र में बहाकर ले जाने लगी। फलस्वरूप कालान्तर में मुख्य हिमालय पर्वत-श्रेणी का ऊपरी प्रस्तरीभूत चट्टानों द्वारा निर्मित भाग कटकर नष्ट हो गया और निचला अजीव चट्टानों वाला भाग बाहर निकल आया।

हिमालय की मुख्य श्रेणी के बन जाने के उपरान्त उस पर से निकलने वाली नदियाँ इस पर्वत-श्रेणी के दक्षिण में जो खाई बन गयी थी उसमें जाकर गिरती थी। इन खाडियों के जल में उस समय जल-जीवों का खूब विस्तार हुआ और उनके तल-प्रदेश पर जल-जीवों के अवशेष तथा नदियों द्वारा लायी तलछट आदि जमा होने लगी। इस तरह यहाँ एक नवीन प्रकार की प्रस्तरीभूत चट्टानों का निर्माण हुआ। आज से 3 करोड़ वर्ष पूर्व मियोसीन (Miocene) युग में हिमालय का द्वितीय उत्थान प्रारम्भ हुआ, जिसके फलस्वरूप पूर्व-निर्मित मुख्य हिमालय श्रेणी और ऊँची उठ गयी तथा तत्कालीन सिन्धु और पूर्वी खाडियों का तल-प्रदेश भी ऊँचा उठने लगा। इससे मुख्य हिमालय के दक्षिण में उसके समान्तर रूप में एक और पर्वत श्रेणी खड़ी हो गयी जो आजकल लघु हिमालय (lesser Himalayas) के नाम से प्रसिद्ध है।

अधिनूतन काल के मध्य में हिमालय का तृतीय उत्थान हुआ। इस समय भू गर्भ में प्रलय-कारी उत्पात मचा, जिसके परिणामस्वरूप समस्त धरातल डोँवाडोल हो उठा तथा हिमालय काफी ऊँचा उठ गया। इन हलचलों से हिमालय की इतनी ऊँचाई हो गयी कि उसकी तलहटी में बहने वाली इण्डोब्रह्म नदी लुप्त हो गयी और तलहटी धरातल से लगभग 5 हजार फुट ऊँची उठकर हिमालय के समान्तर एक पर्वत-श्रेणी के रूप में बदल गयी। यही पर्वत-श्रेणी आजकल शिवालिक (Shivalic ranges) की श्रेणियाँ, बाहरी हिमालय (outer Himalaya) अथवा हिमालय पदीय श्रेणियों (Himalayan foot hills) के नाम से प्रसिद्ध है। उत्तर प्रदेश के नैनीताल और देहरादून जिले, हिमाचल प्रदेश के दक्षिणी भाग, शिमला आदि की पहाड़ियाँ इसी इण्डोब्रह्म नदी के तल-प्रदेश के ऊँचे उठने से बनी हुई शिवालिक श्रेणी के अन्तर्गत हैं। हरिद्वार के निकट की पहाड़ियाँ भी इसी में समाविष्ट होती हैं। इन भागों की चट्टानों का अध्ययन करने से ज्ञात होता है कि ये नदी द्वारा बहाकर लाए हुए कंकड़-मिट्टी आदि से बने हैं। इनमें इण्डोब्रह्म की घाटी में निवास करने वाले प्राणियों के कंकालों के पृथक-पृथक भाग और आदि-मानव की सभ्यता के अवशेष प्राप्त होते हैं। उक्त घटना के साथ-साथ कारेवाँ (Karewas) सरोवर जो—जो कश्मीर में था—का तल भी ऊपर उठ आया जिससे कश्मीर को पंजाब से अलग करने वाली पीर पंजाल पर्वत-श्रेणी और कश्मीर की घाटी का निर्माण हुआ। कश्मीर की वर्तमान झीलें इसी विशाल सरोवर के अवशेष हैं।

उपरोक्त विवरण से यही समझ लेना चाहिए कि हिमालय की रचना का कार्य पूरा हो चुका है। इस पर्वत के गर्भ में प्रलय भरा हुआ है और यह निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता कि

कब हिमालय का चतुर्थ उत्थान प्रारम्भ हो जाय। पिछले समय में नेपाल, बिहार और अपन में आये भूकम्प सूचित करते हैं कि हिमालय अभी और ऊँचा उठना चाहता है।

पर्वतों का मानव-जीवन पर प्रभाव

पर्वत स्थल के ऊँचे प्रदेश हैं। सामान्य लोग इन ऊँचे प्रदेशों को मानव के लिए अनुपयोगी समझने की भूल कर लेते हैं। यद्यपि यह सही है कि इनकी अनिश्चित बनावट, सँकरी घाटियाँ, उपजाऊ मिट्टी के अभाव, परिवहन के साधनों की कठिनाई, जलवायु की विषमता, समतल भूमि के अभाव आदि बातों के कारण ये मानव-निवास के लिए बहुत कम उपयोगी होते हैं। फिर भी अपनी अटूट प्राकृतिक सम्पदा के कारण ये मानव-जीवन के लिए वरदानस्वरूप हैं। यही नहीं, इनका मानव-जीवन पर अप्रत्यक्ष रूप से बड़ा गहरा प्रभाव होता है।

(1) पर्वत और कृषि—समतल भूमि का अभाव होने के कारण खेती के लिए अधिकतर सूर्य का प्रकाश प्राप्त करने वाले ढाल चुने जाते हैं, जहाँ वर्षा की मात्रा भी पर्याप्त होती है अथवा घाटियों के निचले भाग जहाँ पर्वत-श्रेणियों द्वारा हवा की तीव्रता से बचाव हो जाता है। अतः अधिकांश गाँव और खेत इन्हीं भागों में मिलते हैं किन्तु पहाड़ी घाटियों में कई बार हानिकारक पाले पड़ते हैं। अतः पहाड़ी ढाल ही कृषि के लिए उपयुक्त है। इन ढालों पर निश्चित ऊँचाई तक ही खेती सम्भव होती है। उदाहरण के लिए, विषुवतरेखीय अक्षांशों पर 3 से 10 हजार फुट की ऊँचाई तक, 30° अक्षांशों पर 8 हजार फुट तक, 45° अक्षांशों पर 4½ हजार फुट और 55° अक्षांशों पर केवल 700 फुट की ऊँचाई तक ही कृषि सम्भव मानी गयी है।

पहाड़ी भागों में भूमि के ऊँची-नीची होने, मिट्टी के तीव्र गति से कटकर बह जाने, पतली और पथरीली मिट्टी की अधिकता के कारण खेती करने में बड़ी कठिनाई पड़ती है। डॉ० हटिंगटन के अनुसार यद्यपि पर्वतों पर मैदानी भागों की अपेक्षा अधिक मिट्टी बनती है, किन्तु अधिक कटाव के कारण वहाँ पत्थरों की अधिकता हो जाती है जिससे यहाँ खेती करना हानिकारक होता है। यहाँ मुख्यतः सरकती हुई या स्थान्तरित (shifting or migratory) खेती की जाती है।

(2) पर्वत और वन व्यवसाय—पहाड़ी भागों में ढालों पर जलवायु तथा ऊँचाई के अनुसार विभिन्न प्रकार के वन पाये जाते हैं। हिमालय के ढालों पर विषुवतरेखीय वनों से लगाकर कोणधारी वन तक मिलते हैं, किन्तु राँकीज और आल्प्स पर्वतों तथा एण्डीज पर मुख्यतः कोणधारी वनों का साम्राज्य पाया जाता है। इन वनों से व्यापारिक कार्यों के लिए विभिन्न किस्मों की लकड़ियाँ प्राप्त की जाती हैं। यहाँ के निवासियों का मुख्य व्यवसाय इन वनों की लकड़ियाँ काटना, इन्हें बहाकर कारखानों तक लाना, आदि है। इन पर आश्रित उद्योग कनाडा में कागज और लुग्दी बनाना, जापान में रेशम के कीड़े पालना, संयुक्त राज्य अमरीका और पश्चिमी यूरोप में कागज, दियासलाई, तारपीन का तेल और लुग्दी आदि तैयार करना है।

लकड़हारों का जीवन भी अस्थायी होता है। एक क्षेत्र के वन कट जाने पर उन्हें अन्यत्र जाना पड़ता है, फलतः जनसंख्या भी सघन नहीं होती।

(3) पर्वत और जलवायु—पहाड़ किसी देश की जलवायु पर भी अपना प्रभाव डालते हैं। पहाड़ों के कारण किसी देश की जलवायु न केवल ठण्डी हो जाती है, किन्तु वहाँ वर्षा भी बहुत होती है क्योंकि जो भाप भरी हवाएँ पहाड़ों के निकट आती हैं उन्हें पार करने के लिए इन्हें विवशतः ऊँचा उठना पड़ता है और इस क्रिया में हवा नम होकर अपनी सारी नमी वर्षा के रूप में वहाँ छोड़ देती है। कहा जाता है कि भारत में हिमालय पर्वत न होता तो सारा उत्तरी भारत सहारा की तरह मरुस्थल होता। पहाड़ों के वायुमार्गों की दिशा (windward) में उसकी विपरीत दिशा (lee-ward) की अपेक्षा अधिक वर्षा होती है तथा जो भाग पहाड़ों के निकट होते हैं वहाँ दूर होने वाले स्थानों की अपेक्षा अधिक वर्षा होती है।

ग्रीष्मकाल में अधिक ठण्डे होने के कारण पहाड़ी भागों में कई उत्तम हवाखोरी के स्थल बन गये हैं। भारत में इस प्रकार के स्थानों की अधिकता है जहाँ प्रतिवर्ष मैदानों के निवासी प्रचण्ड और तीव्र गर्मी से बचने के लिए इन स्थानों को चले जाते हैं। पहाड़ी भागों की ठण्डी और स्वास्थ्य-वर्द्धक जलवायु, धूप की अधिकता, सुन्दर प्राकृतिक छवि और एकाकीपन के कारण घर के बाहर खेलकूद एवं भ्रमण का अवसर मिलता है। स्विट्जरलैण्ड और कश्मीर आज इसी कारण विश्व के आकर्षणकेन्द्र बने हुए हैं।

पहाड़ न केवल वर्षा ही देते हैं, बल्कि किसी देश को ठण्डी हवाओं से भी बचाते हैं। उत्तरी रूस की ओर से आने वाली ठण्डी हवाएँ हिमालय पर्वत के कारण भारत में नहीं आ सकतीं और इसीलिए भारत एक गरम देश रह जाता है। उत्तरी कनाडा से आने वाली ठण्डी हवाएँ दक्षिणी संयुक्त राज्य अमरीका तक शीतकाल में चली जाती हैं इसलिए वहाँ का तापमान बहुत नीचा हो जाता है। अगर राँकीज और एण्डीज पर्वत उत्तर से दक्षिण होने की अपेक्षा पूर्व से पश्चिम की ओर फैले होते तो उत्तरी-दक्षिणी अमरीका की जलवायु भारत की तरह सुन्दर होती।

(4) पर्वत और सुरक्षा—पहाड़ देश को बाहरी आक्रमण से भी बचाते हैं। भारत के उत्तरी और पूर्वी भागों पर अभेद्य पर्वतों के कारण ही विदेशी भारत में न आ सके। परन्तु उत्तरी-पश्चिमी भागों में खैबर, बोलन आदि दरों के कारण सदैव ही विदेशी आक्रमणकारी आते रहे।

(5) पर्वत और जनसंख्या—पहाड़ मैदानों की अपेक्षा कम बसे होते हैं। विश्व के बहुत ही थोड़े नगर पहाड़ी भागों में बसे हैं। यही कारण है कि उच्च हिमालय, आल्प्स, राँकीज या एण्डीज पर्वत अथवा मध्य एशिया के पहाड़ी भाग मानव से शून्य हैं जबकि गंगा, राइन अथवा सेण्ट लॉरेंस के मैदान मानव-निवास से परिपूर्ण हैं। दक्षिणी नॉर्वे का धरातल पहाड़ी होने के कारण समुद्री जलवायु के होते हुए भी बहुत ही कम आबाद है। यहाँ प्रति वर्गमील 25 से भी कम व्यक्ति निवास करते हैं। अतः प्रत्यक्ष रूप से धरातल की बनावट किसी प्रदेश की आर्थिक उन्नति की सीमा को निर्धारित करती है। ऊँचे पहाड़ों से भरे हुए प्रदेशों में आर्थिक उन्नति अधिक नहीं हो सकती क्योंकि उपजाऊ भूमि के अभाव और पथरी ढालू भूमि के प्रतिकूल जलवायु के कारण न तो यहाँ खेतीबाड़ी ही अधिक हो सकती है, न उद्योग-धन्धों की ही उन्नति हो सकती है और न मार्गों की ही सुविधा है। यही कारण है कि ऐसे प्रदेशों में आबादी घनी नहीं होती। साधारणतया जनसंख्या का जमाव सँकरी घाटियों अथवा नदियों के किनारे पर होता है। अन्य निवास-स्थान दरों के निकट, जहाँ बाहरी व्यापारियों से सम्पर्क बना रहता है एवं खनिज केन्द्रों पर स्थापित होते हैं। युद्ध की दृष्टि से कई स्थान महत्वपूर्ण स्थिति प्राप्त कर लेते हैं। जनसंख्या का जमाव सभी पर्वतीय भागों में समान नहीं होता। उष्ण कटिबन्धीय क्षेत्रों में अधिकतर निवास ऊँचाई पर ही मिलते हैं। उदाहरण के लिए, मध्य अमरीका, दक्षिणी अमरीका और मेक्सिको में अधिकांश जनसंख्या 2000 मीटर से ऊपर मिलती है। इसी प्रकार पीरू और बोलिविया में तीन-चौथाई जनसंख्या 11 हजार फुट की ऊँचाई पर रहती है। इसके विपरीत सम-शीतोष्ण पहाड़ी भागों में जनसंख्या अधिकतर निचले भागों में पायी जाती है, क्योंकि थोड़ी-सी ऊँचाई पर ही जलवायु रहने योग्य नहीं मिलती। यहाँ बहुधा मैदानी और पहाड़ी क्षेत्र के बीच के भागों में ही अधिवास पाये जाते हैं।

पहाड़ी भागों में एक विशेष बात देखने को मिलती है। यहाँ अधिकांश मनुष्य मौसम के अनुसार स्थान्तरण करते हैं। ग्रीष्म में अधिक ऊँचे भागों पर और शीतकाल में निचले भागों में चले जाते हैं। अतः जनसंख्या का जमाव स्थायी नहीं होता। यह स्थान्तरण न केवल दैनिक ही होता है वरन् अनेक भागों में मौसमी भी। प्रो० ब्रून्स के अनुसार मौसमी स्थान्तरण के दो मुख्य कारण हैं : (1) मनुष्यों की घुमक्कड़ प्रवृत्ति (migratory habit), और (2) जलवायु में परिवर्तन।

स्विट्जरलैण्ड में आल्प्स पर्वतों पर वर्ष में चार, एटलस पर्वत पर कहीं चार और कहीं-कहीं दो स्थानांतरण होते हैं।

(6) पर्वत और सामाजिक जीवन—पहाड़ी क्षेत्रों में आज भी प्राचीन जन-जातियाँ पायी जाती हैं। अने-जाने के मार्गों की कठिनाइयों तथा पहाड़ों में बने मार्गों और पगडण्डियों से विदेशियों के अपरिचित होने के कारण पहाड़ों के भीतरी भागों तक पहुँचना बहुत असम्भव है। अतः पहाड़ी निवासियों के जीवन पर न तो बाहरी आक्रमण का कोई प्रभाव ही पड़ता है और न उनके रीति-रिवाज और भाषा आदि पर ही कोई प्रभाव पड़ता है। भारत के छोटा नागपुर के कोल, संथाल, हो, भील और नीलगिरि की टोडा आदि जातियों के आचार-विचार, धर्म, रीति-रिवाज, वेष-भूषा आदि सभी प्राचीन ढंग के हैं। समय का उनके जीवन पर कोई प्रभाव नहीं पड़ा है। यूरोप में कार्नवाल और वेल्स की वेल्स जाति, फ्रांस की ब्रिटेन, लका की वेद, फिली-पाइन की एटाज और मलाया की सोमांग जाति इसी श्रेणी की हैं। जिन पहाड़ी भागों में समीप-वर्ती मैदानों की जातियाँ रहती हैं वहाँ भी पहाड़ियों ने उन पर अपना प्रभाव डाला है। पहाड़ी भागों में अजीब सामाजिक रूप मिलते हैं। उदाहरणार्थ, अप्लेगियन और ओजार्क के हिलबिली (Hill-billy) या दरिद्रगोरे, स्कॉटलैण्ड के हाइलैण्डर (Highlander), दक्षिण कैरोलिना के सैंडहिलर (Sandhiller), जॉर्जिया के क्रैकर (Craker) और चैकोरलोवाकिया के स्लोवाक (Slovak) प्रायः पिछड़े हुए और रूढ़िवादी होते हैं। इसलिए आज भी पहाड़ी क्षेत्रों में अन्ध-विश्वास, रूढ़िवाद, विदेशियों के प्रति अविश्वास की भावना, व्यक्तिवादी और स्वतन्त्रताप्रेमी, तीव्र धर्मान्धता और अपने निवास-स्थान तथा अपने परिवार के प्रति अटूट प्रेम पाया जाता है। निरन्तर परिस्थितियों से लड़ते रहने के कारण वे बड़े वीर, साहसी, परिश्रमी, उद्योगी, ईमानदार और मितव्ययी होते हैं। इनके पुट्टे और पाँव बड़े मजबूत, छाती चौड़ी और स्वस्थ सुन्दर होता है। इनके जीवन का एकमात्र उद्देश्य 'To have and to hold' रहता है। संकुचित आर्थिक आधार होने के कारण ये बड़े गरीब होते हैं। इनकी दरिद्रता ही इन्हें झगड़ालू और चिड़चिड़ा बना देती है। परिवार के प्रति इनका अगाध स्नेह होता है अतः यदि कोई किसी की हत्या कर दे तो उससे बदला लेना अपना कर्तव्य मानते हैं। वास्तव में सभ्य समाज से विलग होने के कारण तथा आधुनिक परिस्थितियों से अपरिचित रहने के कारण वे बड़े अज्ञानी और अनपढ़ रह जाते हैं। फलतः न तो उनमें किसी प्रकार की उन्नति ही हो सकी है और न इन क्षेत्रों का व्यापार अथवा वाणिज्य ही बढ़ सका है।

(7) पर्वत और खनिज पदार्थ—पहाड़ों का सबसे अधिक लाभ इस बात में है कि उनकी चट्टानों में अनेक प्रकार के बहुमूल्य खनिज पदार्थ प्राप्त होते हैं। अतः पहाड़ी भागों में बहुत समय से खानें खोदना एक मुख्य व्यवसाय हो गया है। अत्यन्त प्राचीनकाल से ही मानव ने पर्वतों से खनिज पदार्थ प्राप्त करने का प्रयास किया है। इसका एक उदाहरण मिस्र के शासकों द्वारा भेजी गयी खान खोदने वाली टुकड़ियों से मिलता है जिन्होंने सिनाई पहाड़ियों पर ताम्र की खुदाई सर्वप्रथम की। ये खानें सबसे प्राचीन समझी जाती हैं और उनमें आज भी प्राचीन सुरंगें मिलती हैं जो इस बात का स्पष्ट प्रमाण हैं कि इनसे किसी समय ताम्र निकाला जाता था। भारत के दक्षिणी पठार पर मैगनीज, लोहा, सोना आदि पदार्थ, दक्षिणी अफ्रीका और ब्राजील में सोना तथा हीरा और बिहार तथा उड़ीसा में कोयला आदि पाये जाते हैं। रूस के यूराल, अमरीका के रॉकीज और एण्डीज पर्वतों में विशाल खनिज भण्डार मिलते हैं। टर्की, मेक्सिको आदि में तेल-भण्डार पाये जाते हैं। इन पदार्थों से औद्योगीकरण को प्रोत्साहन मिलता है तथा देश का व्यापार बढ़ता है। शीतोष्ण प्रदेश में पहाड़ों से निकलने वाले झरनों से जल-विद्युत शक्ति का विकास भी किया जाता है। नॉर्वे, स्वीडन, जापान, कनाडा, स्पेन, स्विट्जरलैण्ड, इटली तथा दक्षिणी भारत में

ऐसे ही अनेक जल-प्रपातों से जल-विद्युत शक्ति प्राप्त की गयी है, जिससे लकड़ी चीरने, लुग्दी व कागज बनाने, एल्यूमीनियम तथा हवा से नाइट्रोजन प्राप्त करने का उद्योग, सूती, रेशमी व ऊनी कपड़ों के कारखाने चलाये जाते हैं।

(8) पर्वत और उद्योग—यातायात के मार्गों की असुविधा के कारण पहाड़ी भागों में उद्योग और यातायात का पूर्ण विकास नहीं होता। पहाड़ी जातियाँ केवल ऐसा सामान तैयार करती हैं जो मूल्य में अधिक परन्तु वजन में हल्का होता है। यही कारण है कि स्विट्जरलैण्ड के निवासी घड़ियाँ बनाने, फीता बनाने, लकड़ी पर खुदाई का काम करने और लोहे तथा ताँबे पर नक्काशी का कार्य करने, दवाइयाँ और बिजली का सामान बनाने में बड़े चतुर हो गये हैं। कश्मीर में शाल-दुशाले, पश्मीने और अन्य ऊनी माल तथा लकड़ी पर खुदाई का काम, चाँदी, ताँबे के बर्तनों पर मीनाकारी और गलीचो पर बेल-बूटों आदि का काम अच्छा होता है। नार्वे और स्वीडन में भी लकड़ी पर खुदाई का काम अच्छा किया जाता है।

ज्यूरा और ब्लैक फारेस्ट में हर प्रकार की घड़ियाँ बनायी जाती हैं। पर्वतीय वातावरण में प्रकृति की कूरता स्पष्ट है। अतः उद्योगशील मनुष्य जीविकोपार्जन के लिए नाना प्रकार के साधनों की ओर हाथ बढ़ाता है। उदाहरण के लिए, एक अध्यापक बर्डींगरी का काम भी कर लेता है, वकील लुहारी का, मन्त्री एक राजा का और सभी छोटे-छोटे भूमि के टुकड़ों पर खेती कर लेते हैं। धन और समय दोनों के अभाव के कारण अपने मस्तिक का पूर्णरूप से विकास नहीं कर पाते, अतः समाज की यथोचित सेवा करने में असमर्थ रहते हैं।

(9) पर्वत और यातायात के साधन—पर्वत यातायात एवं सन्देशवाहन के साधनों के विकास में बाधा डालते हैं क्योंकि समतल भूमि के अभाव में सड़के अथवा रेलें आदि नहीं बनायी जा सकतीं और यदि बनायी भी जायें तो उनके निर्माण में बड़ा व्यय पड़ता है। अतः यह प्रदेश उद्योग और व्यापार के विकास में अति सीमित और पिछड़े हुए होते हैं। माल ढोने के लिए हिमालय पर्वतों में बैल, याक, बकरियाँ, खच्चर, गधे; एण्डीज और राँकीज पर्वतों पर लामा और अल्पाका अथवा कई क्षेत्रों में मनुष्य को ही बोझा ढोने में हाथ बँटाना पड़ता है। फिर भी मनुष्यों ने पहाड़ों द्वारा प्रस्तुत की गयी बाधाओं को पार करके उनमें सुरंगें खोदकर रेलमार्ग और मोटर-मार्ग निकाल लिये हैं। आल्प्स पर्वत में होकर स्विट्जरलैण्ड को जाने के लिए छह बड़ी बड़ी सुरंगें हैं यथा सिम्पलन, सैण्टगोथार्ड, ब्रैनर और माउण्ट सेनिस आदि जिनमें होकर बिजली की रेल दौड़ा करती हैं। इन्हीं रेलमार्गों द्वारा स्विट्जरलैण्ड की इतनी उन्नति हुई है। इसी प्रकार पूर्वी संयुक्त राज्य को जाने के लिए पश्चिमी राँकीज पर्वत में किफिंग हास पास और कैलगरी दरों में होकर रेलमार्ग निकाले गये हैं। भारत में पश्चिमी घाट में थालघाट और भोरघाट दरों द्वारा उत्तर और दक्षिण तथा उदयपुर और जोधपुर डिवीजन के बीच पीपलीघाट के दरों में होकर रेल-मार्ग बनाये गये हैं, जिनसे आना-जाना सुलभ हो गया है।

(10) पर्वत और सीमाएँ—पर्वत विभिन्न देशों के बीच बहुत ही सुरक्षित सीमाओं को बनाते हैं। इसलिए एक देश की जनता दूसरे देश से बिल्कुल अलग हो जाती है। ये प्राकृतिक सीमाएँ ही कई बार राजनीतिक सीमाओं का रूप ले लेती हैं। जैसे भारत और बर्मा के बीच एवं भारत और तिब्बत के बीच पर्वत ही राजनीतिक सीमाएँ बनाते हैं। इसी प्रकार इटली और स्विट्जरलैण्ड के बीच आल्प्स एवं यूरोपीय रूस और साइबेरिया के बीच यूराल पर्वत प्राकृतिक सीमा का और फ्रांस व स्पेन के बीच पिरेनीज पर्वत प्राकृतिक एवं राजनीतिक दोनों प्रकार की सीमा का निर्धारण करते हैं।

(11) पर्वत और शरण-गृह—पर्वत न केवल डाकुओं के लिए ही अपितु हारी हुई सेनाओं अथवा पराजित जातियों के लिए भी शरण-गृह का कार्य करते हैं। कई बार मैदानी जीवन के

संघर्ष से हारकर कई जातियाँ पर्वतों में शरण ले लेती हैं। भारत में भील, सन्थाल, नागा, टोडा आदि ऐसी ही जातियाँ हैं।

(12) पर्वत और मनोरंजन—पर्वत प्रदेश अपने हिम-मण्डित शिखरों, सुरम्य घाटियों, मनोरम प्रपातों और रंग-बिरंगे फूलों तथा हरे-भरे सघन वनों के कारण बहुत ही आकर्षक दृश्य प्रस्तुत करते हैं। यही कारण है कि पर्वत प्रदेश बरबस ही लोगों को अपनी ओर आकर्षित कर लेते हैं। ऊँचाई के कारण ये प्रदेश बड़े शीतल होते हैं। कई स्थानों पर सुन्दर झीलों से इनकी छटा अद्वितीय हो जाती है। अतः पर्वत प्रदेशों में कई सुरम्य नगर स्थापित हो गये हैं। जैसे श्रीनगर, शिमला, मसूरी, नैनीताल, दार्जिलिंग आदि। प्रतिवर्ष हजारों यात्री इन नगरों की यात्रा कर वहाँ की प्राकृतिक छटा का अवलोकन करते हैं। इन स्थानों पर मनोरंजन के लिए नौका-बिहार, स्केटिंग, पर्वतारोहण आदि कई आकर्षण रहते हैं। अतः पर्वत प्रदेश सदैव ही मानव के लिए रहस्य, रोमांच और आनन्द के स्थल रहे हैं।

38

झीलें और द्वीप (LAKES AND ISLANDS)

प्रकृति की सुरम्य रचनाओं में झीलों का विशेष स्थान है। ये अपने शीतल जल से मनुष्य, पशु और वनस्पति की प्यास ही नहीं बुझातीं, अपितु मनुष्य के मनोरंजन के लिए ऐसा मनोरम दृश्य प्रस्तुत करती हैं जहाँ वह अपनी समस्त यातनाओं को भूलकर इनके रूप में विभोर हो जाता है। प्रकृति का यह अनुपम रूप धरती पर सर्वत्र ही बिखरा हुआ मिलता है, परन्तु इनका रूप कभी एकसा नहीं होता। कुछ झीले बहुत ही विशाल, कुछ साधारण स्वरूप वाली और कुछ बहुत ही छोटी होती हैं। ऐसी दशा में किसे झील कहा जाय और किसे न कहा जाय यह एक प्रश्न बन जाता है। सामान्यतः हम जल के छोटे गड्ढों को पोखर या तलैया, कुछ बड़े रूप को ताल या तालाब, विशेष बड़े रूप को झील या सरोवर और विशाल रूप को सागर कहने लगते हैं। किन्तु ये सब भेद अवास्तविक है। वास्तव में वे सभी जलराशियाँ जो स्थल पर बने किसी बेसिन को घेरे रहती हैं, झीलें कहलाती हैं। कुछ विद्वानों ने भूमि पर पायी जाने वाली उस स्थिर जल-राशि को जो भूमि पर जल के स्वतन्त्र बहाव के विरुद्ध किसी अवरोध के कारण बनती है, झील कहा है। सैलिसबरी के अनुसार, 'झील' शब्द का प्रयोग कभी-कभी (1) किसी नदी के चौड़े भाग के लिए भी होता है; (2) जल के उन भण्डारों के लिए भी होता है जो समुद्रतटों के निकट होते हैं, चाहे उनका तल समुद्र-तल के समान ही हो; (3) उन जल-राशियों के लिए भी होता है जिनका समुद्र से सीधा सम्बन्ध होता है।¹ वोरसेस्टर के अनुसार, 'Lakes are inland bodies of standing water.' मोन्क्हाउस के अनुसार, 'A lake may be defined as hollow, more or less extensive, in earth's surface which contains water.'² अतः झीलें वे आन्तरिक जलाशय हैं जो विभिन्न आकार एवं विस्तार के चट्टानी बेसिनों में बन जाते हैं।

विश्व की कुछ विशिष्ट झीलें

झीले अपने आकार-प्रकार, विस्तार, गहराई एवं स्थिति आदि की दृष्टि से इतनी भिन्न होती हैं कि उन सबका यथोचित वर्णन करना यहाँ सम्भव नहीं है। संयुक्त राज्य अमरीका और कनाडा की पाँच बड़ी झीलें—सुपीरियर, ह्यूरिन, मिशीगन, इरी और अण्टेरियो—संसार में झीलों की सबसे बड़ी शृंखला है। झीलों की दूसरी बड़ी शृंखला अल्बर्ट, एडवर्ड, कीवा, टैगेनिका, न्यासा और विक्टोरिया झीलें बनाती हैं जो पूर्वी मध्य अफ्रीका में स्थित हैं। कनाडा के मनीटोबा प्रान्त की विनीपेग, विनीपेगोसिस एवं मनीटोबा और पश्चिमी कनाडा की अथाबास्का, ग्रेट स्लेव, ग्रेट

¹ R. D. Salisbury : *Physiography*, p. 264-65

² F. J. Monkhouse : *Principles of Physical Geography*, p. 211

बेरियर और अन्य लगी हुई झीलें भी इसी श्रेणी में आती हैं। विश्व की ज्ञात सर्वोच्च झील बोलिविया की टीटीकाका झील (12,000 फुट) है। सबसे नीची झील इजरायल का मृत सागर (समुद्र-तल से 1290 फुट) नीचे है। क्षेत्रफल की दृष्टि से सबसे बड़ी झील यूरेशिया का कैस्पियन सागर (17,00,000 वर्गमील) है। साइबेरिया की बेकाल झील (1700 फुट) सगर की सर्वाधिक गहरी झील है। उत्तरी अमरीका की सुपीरियर झील सबसे बड़ी मीठे पानी की झील है, जबकि मृत सागर सर्वाधिक खारी और कैस्पियन सागर सबसे बड़ी खारे पानी की झील है। संसार के सभी महाद्वीपों में विशिष्ट प्रकार की और महत्वपूर्ण झीलें पायी जाती हैं। नीचे विश्व की कुछ प्रमुख झीलों की गहराई और उनका क्षेत्रफल दिया जा रहा है :

विश्व की कुछ महत्वपूर्ण झीलें¹

नाम	क्षेत्रफल (वर्गमीलो मे)	समुद्र-तल से ऊपरी सतह की ऊँचाई	गहराई
कैस्पियन सागर	1,70,000	—85	3,200
चाड	10,000-50,000	840	820
सुपीरियर	31,200	602	1,040
विक्टोरिया	26,000	3,800	240
अरल सागर	25,050	160	1,200
मिश्रीगन	22,500	581	870
ह्यू रिन	23,320	581	700
न्यासा	14,200	1,500	2,300
बेकाल	13,000	1,700	5,600
टैगेनिका	12,000	2,700	4,706
टीटीकाका	3,260	12,500 ¹	700
मृतसागर	360	—1,268	1,300
क्रेटर	25	6,177	1,996

झीलों का वितरण

स्थल के समस्त भू-आकारों में झीलों का वितरण ही सबसे अधिक देखा जाता है। झीले धरातल पर लगभग समस्त अक्षांशों में फैली हुई हैं। निम्न अक्षांशों की अपेक्षा ये उच्च अक्षांशों—मुख्यतः उत्तरी अमरीका, दक्षिणी अमरीका एवं पश्चिमी यूरोप में अधिक मिलती हैं। कई तटीय झीलों तो महाद्वीपों की सीमा पर ही स्थित हैं, लेकिन अधिकतर महाद्वीपों के भीतर स्थित हैं। उत्तरी अमरीका के हिमनदित भीतरी भाग में हजारों झीले हैं। अफ्रीका महाद्वीप के भीतरी भाग में भी अनेक झीले हैं। भू-पटल की अधिकांश झीले आर्द्र अथवा हिमनदित क्षेत्रों में मिलती हैं। ये पर्वतों, पठारों एवं मैदानों के सभी भागों में समान रूप से देखी जाती हैं। मरुस्थली तथा अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में भी कई झीले हैं। इन प्रदेशों की झीले छिछली होती हैं। ऋतु के अनुसार ये कभी दिखाई पड़ती हैं और कभी लुप्त हो जाती हैं। इसी प्रकार इनका क्षेत्र भी घटता-बढ़ता रहता है। कुछ झीले द्वीपों तथा ज्वालामुखी के क्रेटरों में भी मिलती हैं।

झीलों की उत्पत्ति

भू-पटल पर झीलों के अस्तित्व के लिए दो बातों की आवश्यकता है—(1) जल-संग्रह के लिए बेसिन अर्थात् गड्ढा, और (2) जल की पूर्ति।

(1) बेसिन—झीलों का आविर्भाव उपयुक्त बेसिनों पर निर्भर है। भू-पटल पर ये बेसिन कई प्रकार से बन जाते हैं। कुछ विवर्तनिक हलचलों के कारण, कुछ ज्वालामुखी क्रिया के कारण

¹ P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 339

कुछ क्रम-स्थापन शक्तियों (gradational forces) के कारण और कुछ जीव-जन्तुओं के कारण तथा कुछ मनुष्य द्वारा निर्मित होते हैं। कई झीलों में नदियाँ-आकर प्रवेश भी करती हैं और उनसे पुनः बाहर भी निकलती हैं। अतः इस झील का अस्तित्व तभी बना रह सकता है जबकि उसका बेसिन जल के निकास मार्ग से नीचा होता है। ऐसे गहरे बेसिनों में जल भरने पर ही वह झील बनती है।

(2) **जल की पूर्ति**—जलहीन गर्त केवल गर्त ही है। स्थल पर बना हुआ कोई भी बेसिन अर्थात् श्रेणी या गर्त झील तभी कहलाता है जब उसमें जल भरा होता है। अतः जल की पूर्ति का होना झीलों के अस्तित्व के लिए जरूरी है। बेसिनों में जल की पर्याप्त पूर्ति वर्षा, नदी, हिम-नदी, भूमिगत जल आदि कई साधनों से होती है। यदि झीलों का नितल पारगम्य शैलों के स्थायी-पन के लिए अपर्याप्त है तो जल की पर्याप्त पूर्ति की आवश्यकता बनी रहेगी। झील के नितल में अपारगम्य शैले बिछी होने पर जल-पूर्ति की अधिक आवश्यकता नहीं होती।

झीलों का वर्गीकरण

धरातल पर कई प्रकार की झीले पायी जाती हैं। ये झीलें अपनी बनावट, जल के स्वभाव तथा उत्पत्ति आदि कई बातों में भिन्न होती हैं। अतः झीलों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है :

बनावट के आधार पर झीलों के भेद

बनावट के आधार पर झीलों के मुख्य दो भेद हैं :

(1) **प्राकृतिक झीलें**—जो झीलें भू-गर्भिक हलचलों एवं धरातलों की बाह्य शक्तियों के अपरदन और निक्षेप-कार्यों द्वारा बनती हैं, वे प्राकृतिक झीलें कहलाती हैं। अमरीका की बड़ी झीलें, यूरोप की कैस्पियन झील, अफ्रीका की न्यासा, टैंगेनिका और विक्टोरिया झीलें एवं भारत की डल और वुलर तथा मानसरोवर झील आदि प्राकृतिक झीलें ही हैं।

(2) **कृत्रिम झीलें**—मानव द्वारा निर्मित झीलें कृत्रिम झीलें कहलाती हैं। ऐसी कृत्रिम झीलें नीची भूमि अथवा नदियों के विरुद्ध बाँध बनाने से तैयार होती हैं। भाखड़ा बाँध की गोविन्द सागर झील, चम्बल की गाँधी सागर बाँध झील तथा उदयपुर के समीप जयसमुद्र, राजसमुद्र और पीछोला आदि कृत्रिम झीलें हैं।

जल की प्रकृति के आधार पर झीलों के भेद

जल की प्रकृति की दृष्टि से झीलों के दो मुख्य भेद हैं :

(1) **खारी झीलें**—यद्यपि धरातल पर पायी जाने वाली अधिकांश झीलें मीठे जल की हैं। परन्तु इनमें से कई झीलें खारी भी हैं। प्रायः जिन झीलों में जल का प्रवाह नहीं होता, वे खारी होती हैं। वे ऐसी झीलें हैं जिनमें नदियाँ गिरती हैं परन्तु उनसे निकलती नहीं हैं। नदियाँ अनेक प्रकार की चट्टानों से बहकर आती हैं। नदियाँ चट्टानों के खनिजों को पानी में घुलाकर बहा ले जाती हैं और झीलों में एकत्र कर देती हैं। ऐसी खारी झीलों के पानी में सोडियम क्लोराइड, मैग्नेशियम, सल्फेट, मैग्नेशियम क्लोराइड, सोडियम कार्बोनेट आदि कई प्रकार के लवण मिलते हैं। मृतसागर सबसे खारी झील है। इसका खारापन 273% है। संसार की सबसे बड़ी खारे पानी की झील कैस्पियन सागर है। राजस्थान की साँभर और एशिया की मृतसागर तथा कैस्पियन सागर इसी प्रकार की खारी झीलें हैं। इन झीलों से खाने का नमक एवं अन्य प्रकार के रासायनिक पदार्थ प्राप्त होते हैं।

(2) **ताजा मीठे पानी की झीलें**—जिन झीलों से नदियाँ निकलती हैं उनका पानी मीठा होता है। ऐसी झीलों को ताजा पानी की झीलें कहते हैं। जब किसी झील से नदी निकलती है तो वह अपने साथ झील में एकत्र नमक को घुलाकर बहा ले जाती है। जिन झीलों में ताजे जल की प्राप्ति अधिक होती है और वाष्पीकरण कम होता है तो उसका पानी भी ताजा और मीठा

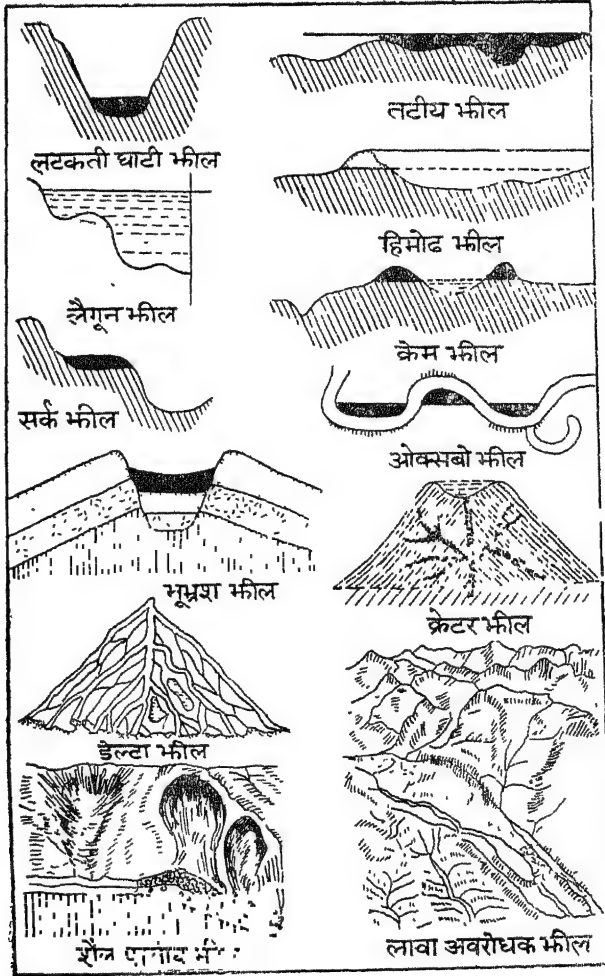
रहता है। पर्वतीय भागों तथा शीतोष्ण प्रदेशों में मीठे जल की झीलों के पाये जाने का यही कारण है। मीठे पानी की झीलों में एशिया की बेकाल, यूरोप की जेनेवा, अमरीका की टीटीकाका एवं भारत की नैनीताल, भीमताल, कोडाई और केनाल झीले प्रसिद्ध हैं।

उत्पत्ति के आधार पर झीलों के भेद

झीलों का वास्तविक वर्गीकरण उनकी उत्पत्ति के आधार पर ही किया जा सकता है। झीलों की उत्पत्ति अनेक साधनों द्वारा होती है। अतः उत्पत्ति के साधनों के अनुसार झीलों के मुख्य निम्न भेद किये जा सकते हैं :

विवर्तनिक हलचलों द्वारा बनी झीलें

भू-गर्भिक हलचलों से धरातल पर कई प्रकार से झीलों के लिए उपयुक्त बेसिन बन जाते हैं।



चित्र 439—विभिन्न प्रकार की झीलें

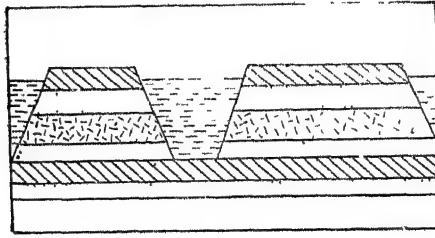
इन हलचलों से धरातल का कोई प्रदेश ऊँचा और कोई नीचा हो जाता है। कहीं पर विशाल मोड़ अथवा भ्रंश बन जाते हैं। इन सब बातों से स्थल पर जल-संग्रह के लिए बेसिन तैयार हो जाते

है। संसार की अधिकांश बड़ी झीलें विवर्तनिक हलचलों द्वारा ही बनी हुई हैं। भू-गर्भिक हलचलों से बनी झीलों के निम्न उपभेद हैं :

(1) नवीन उत्क्षेप झीलें—कभी-कभी महाद्वीपीय मग्नतट आन्तरिक बल से ऊपर उठ जाता है और स्थल मे परिणत हो जाता है। जल से बाहर निकलने वाला यह समुद्री भाग ऊँचा-नीचा होता है जिसमे जल भर जाने पर अनेक उथली झीलें बन जाती हैं। भारत के कारोमण्डल तट तथा संयुक्त राज्य अमरीका के फ्लोरिडा तट पर ऐसी अनेक झीलें पायी जाती हैं।

(2) बलन क्रिया द्वारा बनी झीलें—जब भू-पटल पर पर्वत-निर्माणकारी हलचले कार्य करती हैं तो धरातल पर कई दिशाओं से दबाव पड़ता है जिससे उस पर मोड़ पड़ जाते हैं। बलन क्रिया से भूमि पर कहीं अभिनतियों और कहीं अपनतियों का निर्माण हो जाता है। अभिनतियों में जल भर जाने पर झीलें बन जाती हैं। स्विट्जरलैण्ड की जेनेवा झील और अफ्रीका की एडवर्ड एवं जॉर्ज झीलें अभिनतियों द्वारा बनी झीलें ही हैं। बलन क्रिया से जब कोई अपनति किसी नदी के पेटे में बन जाती है तो वह नदी के मार्ग को अवरुद्ध कर देती है और नदी झील में बदल जाती है। पश्चिमी संयुक्त राज्य के रेन्ज प्रान्त में ऐसी झीलें पायी जाती हैं।

(3) भ्रंशन द्वारा बनी झीलें—भू-गर्भिक हलचलों के कारण जब भूमि का कोई भाग नीचे धँस जाये अथवा ऊपर उठ जाये तो धरातल पर बेसिन का निर्माण हो जाता है। जल से भर जाने पर ये बेसिन झीलें बन जाते हैं। ऐसी झीलें संसार के कई भागों में पायी जाती हैं। संयुक्त राज्य अमरीका की सैन एण्डीयाज झील इसका अच्छा उदाहरण है। भूकम्प द्वारा भूमि के नीचे धँसक जाने पर भी ऐसी झीलें बन जाती हैं। मिसिसिपी नदी-घाटी की रील, फुट झील इसका उदाहरण है।



चित्र 440—रीफ्ट घाटी की झील

(4) रीफ्ट घाटी की झील—जब दो समान्तर दरारों का मध्यवर्ती स्थल भाग नीचे धँसक जाता है तो वहाँ विशाल की गत रचना हो जाती है। ऐसे गतों में जल भर जाने पर झीलें बन जाती हैं। ये झीलें लम्बी, सँकरी और गहरी होती हैं। इन्हें रीफ्ट घाटी की झीलें कहा जाता है। बेकाल, टैगेनिका और मृतसागर इसी प्रकार की झीलें हैं।

ज्वालामुखी द्वारा बनी झीलें

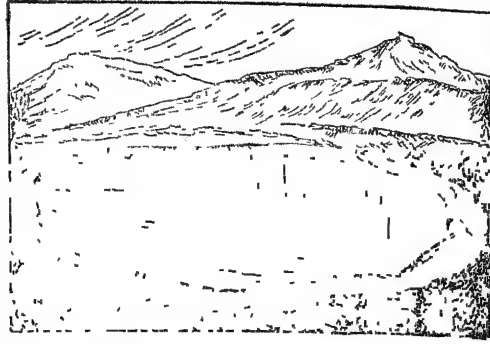
ज्वालामुखी क्रिया से भू-पटल पर कई प्रकार की झीलें बन जाती हैं। ऐसी झीलें कहीं पर लावा के अवरोधस्वरूप, कहीं लावा के असमतल धरातल के कारण और कहीं ज्वालामुखी क्रेटर अथवा केल्डेरा में जल भर जाने से बनती हैं। इन झीलों में निम्न उपभेद हैं :

(1) लावा बाँध से बनी झीलें—ज्वालामुखी उद्गार के समय निकलने वाला द्रव लावा जल की भाँति नीचे की ओर बहता है। यह लावा जम जाने पर कठोर चट्टान बन जाता है। अतः जब कभी ज्वालामुखी से निकलने वाला लावा उसके समीपवर्ती किसी नदी घाटी या हिमानी घाटी में प्रवेश कर उस घाटी को अरुद्ध कर देता है तो वह नदी अथवा हिमानी घाटी झील में बदल जाती है। मध्य अमरीका की निकारगुआ, मध्य फ्रांस की अदात और पेबिन झीलें, अबीसी-निया की ताना, फिलिस्तीन की तबेरीस एवं केलिफोर्निया की टाहो आदि ऐसी ही झीलें हैं। ये झीलें ज्वालामुखी पर्वतों के आसपास अधिक मिलती हैं। इन झीलों को कूली झीलें (Coulee lakes) भी कहा जाता है।

(2) लावा प्रदेश की झीलें—केन्द्रीय अथवा दरारी उद्गार के समय कई बार बड़ी मात्रा में लावा निकलकर विशाल क्षेत्र में फैल जाता है। लावा के जमने पर वह समूचा प्रदेश असमतल

बन जाता है। अतः लावा प्रदेश में जहाँ भी जल के एकत्रित होने के लिए उपयुक्त गड्ढे बन जाते हैं, वे कालान्तर में वर्षा-जल से भर जाने पर झीलों में बदल जाते हैं।

(3) **क्रैटर झीलें**—जो ज्वालामुखी शान्त हो चुके हैं उनके मुख में वर्षा-जल के भर जाने पर झील बन जाती हैं। ऐसी झीले अलास्का, मेक्सिको, संयुक्त राज्य अफ्रीका, न्यूजीलैण्ड, इटली, फ्रांस व पूर्वी द्वीपसमूह में बहुत पायी जाती हैं। अफ्रीका की **विक्टोरिया झील**, संयुक्त राज्य अमरीका में ओरेगोन राज्य की **क्रैटर झील**, इटली की **एवरनन**, मेक्सिको की **गस्टेविला** और एण्डीज पर्वत की **टीटीकाका झीलें** सब क्रैटर झीलें ही हैं।



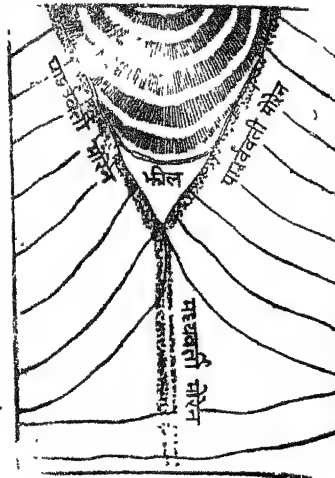
चित्र 441—क्रैटर झीलें

हिमानियों द्वारा बनी झीलें

संसार में पायी जाने वाली झीलों में हिमानी द्वारा बनी झीलें ही अधिक देखी जाती हैं। इन झीलों के वितरण और पूर्वकालीन हिमानियों के बीच घनिष्ठ सम्बन्ध है। इन झीलों के अध्ययन से प्रतीत होता है कि अनेक झीलों के बेसिनों का निर्माण हिमनदी अथवा हिमानी निक्षेप के कारण हुआ है। हिमानी द्वारा निर्मित झीलों के निम्न उपभेद किये जा सकते हैं :

(1) **तलस्थ हिमोढ़ द्वारा बनी झीलें**—हिमानियाँ अपनी घाटी के तल में तलस्थ हिमोढ़ का निक्षेप करती हैं। तलस्थ हिमोढ़ का निक्षेप बड़े ही असमान रूप से होता है। फलस्वरूप उनके ऊँचे-नीचे ढेरों के बीच अनेक बेसिन बन जाते हैं जिनमें जल भर जाने पर झीले बन जाती हैं। यूरोप एवं उत्तरी अमरीका में महाद्वीपीय हिमानियों ने पीछे हटते समय तलस्थ हिमोढ़ का बड़े विशाल रूप में निक्षेप किया। अतः वहाँ इस हिमोढ़ द्वारा बनी हजारों झीलें पायी जाती हैं। सामान्यतः ये झीलें छोटी एवं उथली होती हैं। किन्तु कई स्थानों पर बहुत बड़ी झीले भी देखी जाती हैं।

(2) **अग्रान्तस्थ हिमोढ़ द्वारा बनी झीलें**—घाटी हिमानियाँ पीछे हटते समय अग्रान्तस्थ हिमोढ़ का निक्षेप करती चलती हैं। इनका निक्षेप क्रम-रूप में होता है। अग्रान्तस्थ हिमोढ़ का प्रत्येक निक्षेप हिमानी के पिघलने की अवस्था को प्रकट करता है। इन हिमोढ़ के ढेरों के बीच हिमानी जल के भर जाने से झीले बन जाती हैं। कोलोरेडो राज्य में ग्राण्ड झील, जिसकी गहराई 285 फुट है इसी प्रकार बनी हुई है। हिमानित क्षेत्रों में ऐसी सैकड़ों झीलें पायी जाती हैं।



चित्र 442—मध्यवर्ती हिमोढ़ द्वारा बनी झील

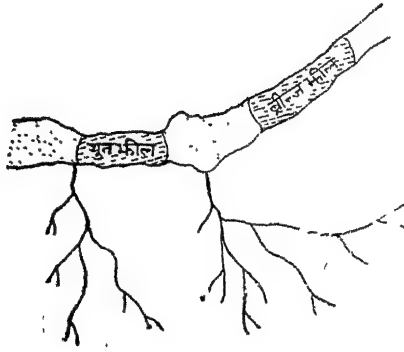
(3) **मध्यवर्ती हिमोढ़ द्वारा बनी झीलें**—जब कहीं दो हिमानियाँ परस्पर मिलती हैं तो अनेक पार्श्ववर्ती हिमोढ़ भी आपस में मिल जाते हैं जिससे मध्यवर्ती हिमोढ़ बनते हैं। प्रायः मध्यवर्ती हिमोढ़ के पीछे बेसिन की रचना हो जाती है जिसमें जल एकत्रित होने पर झील बन जाती है।

(4) **हिम-बाँध द्वारा बनी झीलें**—कभी-कभी घाटी-हिमानियाँ सहायक घाटियों को बिल्कुल अवरुद्ध कर देती हैं जिससे झीलों के बेसिन बन जाते हैं।

स्विट्जरलैण्ड में 'मारजिनल समुद्र' नामक झील हिमानी द्वारा नदी के अवरोध हो जाने से ही बनी है। प्रायः ये झीलें उथली होती हैं।

(5) हिम-अपरदन द्वारा बनी झीलें—महाद्वीपीय एव घाटी हिमानियाँ दोनों ही बड़े पैमाने पर चट्टानों का अपरदन करने में समर्थ होती हैं। सामान्यतः जब ये हिमानियाँ कोमल चट्टानों से गुजरती हैं तो कठोर चट्टानों की अपेक्षा उनका अधिक अपरदन करती हैं। फलस्वरूप कोमल चट्टानों में गहरे गड्ढे बन जाते हैं। कभी-कभी कठोर चट्टानों को भी खुरच डालती हैं और उनमें भी गड्ढे बना देती हैं। इस प्रकार हिमानी क्षेत्रों में हिमानी अपरदन के कारण अनेक बेसिन बन जाते हैं जो कालान्तर में जल संग्रह होने पर सुन्दर झीलों में बदल जाते हैं। संयुक्त राज्य अमरीका के न्यूयार्क एव न्यू इंग्लैण्ड राज्य में ऐसी सैकड़ों झीलें पायी जाती हैं। सामान्यतः ये झीलें ग्लिंट (Glint), टार्न (Tarn) अथवा कोरी (Corrie) झीलें कहलाती हैं। कनाडा, इटली, स्वीडन व फिनलैण्ड आदि देशों में ऐसी झीलें बहुत मिलती हैं।

(6) पार्श्ववर्ती हिमोढ़ द्वारा बनी झीलें—अल्पाइन हिमानियाँ अपनी घाटियों में घाटी की दीवारों से कुछ दूरी पर समान्तर रूप में पार्श्ववर्ती हिमोढ़ का निक्षेप करती हैं। जब पार्श्ववर्ती हिमोढ़ और घाटी की दीवार के मध्य का भाग भू-स्थान अथवा तलछट के निक्षेप के कारण आपस में जुड़ जाता है तो एक लम्बी झील बन जाती है।



चित्र 443—घाटी मोरेन झीलें

कई घाटी हिमानियाँ अपनी घाटियों से काफी दूर नीचे तक फैल जाती हैं। इन हिमानियों के पार्श्ववर्ती हिमोढ़ कभी-कभी सहायक हिमानी घाटियों को अवरोध कर देते हैं जिससे वह झील में परिणत हो जाती है। अग्रान्तस्थ हिमोढ़ की भाँति बनी ये झीलें भी प्रायः अल्पकालिक होती हैं।

नदियों द्वारा बनी झीलें

नदियों को झीलों का घातक शत्रु कहा गया है। फिर भी कुछ अवस्थाओं में नदियों द्वारा भी झीलों की रचना हो जाती है। सामान्यतः नदियों द्वारा निर्मित झीलें छिछली और अल्पकालीन होती हैं। नदियों द्वारा बनी झीलों के निम्न उपभेद हैं :

(1) आनति गर्त झीलें—प्रायः जल-प्रपातों के नीचे आनति गर्त बन जाते हैं। जहाँ कहीं जल-प्रपात अपने नीचे नदी द्वारा घाटी के गहरा करने की अपेक्षा अधिक तीव्रता से पीछे हटते हैं तो आनति गर्त का विस्तार हो जाता है जिससे वह अन्ततः झील बन जाता है। वाशिंगटन में ग्राण्डफूली झील इसका सर्वोत्तम उदाहरण है।

(2) छाड़न या गोखुर झीलें—मैदान में बहते समय नदियाँ विसर्पण बनाती हुई बहती हैं। जब कभी नदी सीधा मार्ग ग्रहण कर लेती है तो विसर्पण का छोटा हुआ भाग झील बन जाता है। ऐसी झीलों को छाड़न झील या गोखुर झीलें (Oxbow Lakes) कहा जाता है। ब्रिटेन में ऐसी झीलों को मृत झीलें (Mort Lakes) कहा जाता है।

(3) नदी अपरदन द्वारा बनी झीलें—नदियाँ अपने मार्ग की घुलनशील चट्टानों को धीरे-धीरे घुलाकर बहा देती हैं। फलस्वरूप नदी-घाटी में अनेक लम्बे-चौड़े गड्ढे बन जाते हैं। ये गड्ढे जल भर जाने पर झील का रूप ले लेते हैं। उत्तरी आयरलैण्ड में लोनी और डर्ग झीलें इसी प्रकार की हैं।

(4) **जलोढ़-पंख की झीले**—जब नदियाँ पहाड़ी भागों को छोड़कर मैदानों में प्रवेश करती हैं तो ढाल में यकायक परिवर्तन आ जाने से उनकी गति मन्द पड़ जाती है और इसमें बहकर आये हुए पदार्थ वही जलोढ़-पंख के रूप में जमा हो जाते हैं। जब इस निक्षेप से नदी का मार्ग अवरुद्ध हो जाता है तो वहाँ झीले बन जाती हैं। चूँकि ये झीले पर्वतों और मैदानों के संगम पर बनती हैं अतः इन्हें **पर्वतपदीय झीले (Piedmont Lakes)** भी कहा जाता है। फ्री ने पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका के शुष्क प्रदेश में ऐसी अनेक झीलों का वर्णन किया है। कैलिफोर्निया की ओवेन्स झील इसी प्रकार बनी हुई है।

(5) **बाढ़ के मैदान की झीले**—बाढ़ के मैदानों में मिट्टी के निक्षेप के कारण तश्तरीनुमा उथले गड्ढे बन जाते हैं। इन गड्ढों में पानी भर जाने पर झीले बन जाती हैं। आस्ट्रेलिया में मेर नदी बिलीवॉग झील इसका अच्छा उदाहरण है। बाढ़ के मैदान में जब कोई नदी अपना मार्ग परिवर्तन कर लेती है तो उसके पुराने मार्ग में कई झीले बन जाती हैं।

(6) **डेल्टा की झीले**—डेल्टा प्रदेश में नदियों का मार्ग बड़ा अनियमित होता है। मिट्टी के निक्षेप से प्रायः धारा का मुँह अवरुद्ध हो जाता है जिससे इन्हें नया मार्ग अपनाना पड़ता है। इस प्रकार नदी की छूटी हुई पूर्व-धारा झील बन जाती है। निक्षेप के कारण डेल्टाई प्रदेश ऊँचा-नीचा हो जाता है। नीचे प्रदेश में जल भरने से झीलें बन जाती हैं। इन झीलों को नाइजर नदी के डेल्टा में मेरीगेट, मिसिसिपी नदी में बेबोन, नील में सायेह और गंगा नदी में बील के नाम से पुकारा जाता है। मिसिसिपी नदी के डेल्टा की **पोंचरट्रेन झील** ऐसी झील का उत्तम उदाहरण है।

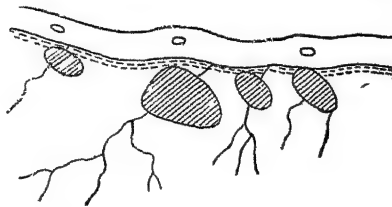
(7) **रेप्ट झीले**—नदी के मार्ग में वनस्पति उग आने अथवा घाटी के आर-पार पेड़-पौधों के गिर जाने पर उनके सहारे बालू व मिट्टी आदि जमा हो जाती है। कालान्तर में यह अवरोध बाँध का रूप ले लेता है, जिसके पीछे झील बन जाती है। संयुक्त राज्य अमरीका की लाल नदी तथा अमरीका की श्वेत नदी की घाटी में ऐसी झीले पायी जाती हैं।

पवन द्वारा बनी झीलें

भू-पटल पर हवा के निक्षेप अथवा अपरदन के कारण अनेक बेसिन बन जाते हैं जो बाद में झीलों में परिणत हो जाते हैं। ये झीलें मूलतः शुष्क और अर्द्ध-शुष्क प्रदेशों में ही पायी जाती हैं। ये झीलें कदाचित् ही स्थायी होती हैं। इनके निम्न उपभेद हैं :

(1) **वायु अपरदन द्वारा बनी झीले**—शुष्क एवं अर्द्ध शुष्क प्रदेशों में हवा बड़ी मात्रा में मिट्टी को उड़ा ले जाती है। फलस्वरूप इन भागों में यत्र-तत्र अनेक गड्ढे बन जाते हैं। इन गड्ढों में वर्षा-जल के भर जाने पर छिछली एवं अस्थायी झीले बन जाती हैं। जल के सूख जाने पर ये झीले लुप्त हो जाती हैं। कभी-कभी वायु द्वारा उठाकर लायी गयी रेत के भर जाने से भी ये झीलें नष्ट हो जाती हैं। पश्चिमी संयुक्त राज्य अमरीका में विमोंग, कोलोरेडो एवं निब्रास्का राज्यों में ऐसी सैकड़ों झीले देखी जा सकती हैं।

(2) **बालुका-स्तूप झीले**—मरुस्थलों में हवा के द्वारा बालू के टीले बनते और बिगड़ते रहते हैं। इन टीलों का रूप बड़ा असमान होता है। अतः इनके द्वारा बना धरातल भी असमतल बन जाता है। इन टीलों के बीच यत्र-तत्र गड्ढे बन जाते हैं जिनमें पानी भर जाने पर उथली झीले बन जाती हैं। ऐसी झीले क्षारमय होती हैं। इन झीलों को **प्लाय़ा झीलें** कहा जाता है। ये झीले बहुत कम गहरी व अस्थायी होती हैं। सूडान की चाड झील इसका सर्वोत्तम उदाहरण है। यद्यपि यह झील केवल 8 से 20 फुट तक गहरी है। किन्तु क्षेत्रफल में यह ससार की



चित्र 444—बालुका-स्तूप झीलें

ज्ञात झीलों में सबसे बड़ी है। शुष्क ऋतु में इसका क्षेत्रफल केवल 10,000 वर्ग मील रहता है। परन्तु वर्षा ऋतु में इसका विस्तार 50,000 वर्गमील क्षेत्र में हो जाता है।¹

समुद्री लहरों और धाराओं द्वारा बनी झीलें

समुद्री लहरों और तटीय धाराएँ कभी-कभी संयोजी रोधिका (connecting bars) का निर्माण करती है। जब ऐसी रोधिकाएँ कभी घाटी के डूबे हुए शीर्ष अथवा खाड़ियों के मुँह के विरुद्ध बन जाती है तो झीलों में बदल जाती हैं। कभी-कभी लहरें तट के समीप अपतटीय रोधिकाओं (off-shore bars) की इस प्रकार रचना कर देती हैं कि उनके पीछे का जल लैगून में परिणत हो जाता है। उपयुक्त अवस्थाओं में इस लैगून का सम्बन्ध समुद्र से कट जाता है और रोधिका के पीछे छोटी-सी झील रह जाती है। समुद्रतटों पर प्रायः ऐसी झीलें मिलती हैं। भारत के पूर्वी तट पर बनी चिल्का लैगून इसका अच्छा उदाहरण है।

भू-स्खलन, पंक प्रवाह एवं विदलन द्वारा बनी झीलें

पर्वतीय एवं पठारी भागों में भू-स्खलन एवं मृदा-सर्पण एक सामान्य घटना है। इन घटनाओं से कई स्थानों पर झीलों के उपयुक्त बेसिन तैयार हो जाते हैं। भूमि पर कई जगह कोमल, घुलनशील चट्टानें पायी जाती हैं। जल के घुल जाने पर इन चट्टानी प्रदेशों में अनेक बेसिन बन जाते हैं।

(1) **भू-स्खलन द्वारा बनी झीलें**—जब पहाड़ी भागों में भू-स्खलन की भारी घटना होती है तो उससे कभी-कभी घाटियाँ एवं धाराएँ अवरुद्ध हो जाती हैं। घाटियों और नदी धाराओं के अवरुद्ध हो जाने पर वे झीलों में बदल जाती हैं। सन् 1892 (1884 बिरही गंगा पर पहाड़ी टूट पड़ने से) में गंगा की ऊपरी घाटी में ऐसे ही अवरोध से, 5 मील लम्बी गोहाना झील बन गयी थी। यह उत्तर प्रदेश की सबसे बड़ी और नैनीताल झील से तिगुनी बड़ी थी। आल्प्स पर्वत में भी ऐसी कई अवस्थाएँ पायी गयी हैं। ऐसी झीलें प्रायः थोड़े समय के लिए ही रहती हैं। कभी-कभी विशाल भू-स्खलन से बहुत बड़े बाँध तैयार हो जाते हैं, जिससे काफी लम्बे समय तक झील बनी रहती है। गंगा नदी की गोहाना झील दो वर्ष बाद बाढ़ के कारण अवरोध टूट जाने से समाप्त हो गयी थी और 20 जुलाई, 1970 की भीषण बाढ़ से झील दलदल से भरकर 86 वर्ष की अल्प आयु में ही पूरी तरह समाप्त हो गयी।²

(2) **विलयन द्वारा बनी झीलें**—ऐसी झीलें चूने के प्रदेशों में अधिक पाई जाती हैं। चूने की चट्टानें कार्बनयुक्त जल से शीघ्र घुल जाती है। अतः चूने के प्रदेशों में वर्षा-जल के तात्कालिक बाह्य एवं जलधाराओं से चट्टानें घुल जाती हैं जिससे वहाँ अनेक बेसिन या गर्त बन जाते हैं। ये ही गर्त बाद में झीलों में परिणत हो जाते हैं। फ्लोरिडा, यूकटान एवं यूगोस्लाविया के कास्ट्रे प्रदेश में ऐसी अनेक झीलें मिलती हैं। चूने की चट्टानों के अतिरिक्त अन्य भागों में भी घुलाव क्रिया से छिछले बेसिन तैयार हो जाते हैं जो झीलों में बदल जाते हैं।

जैविक साधनों द्वारा बनी झीलें

धरातल पर पायी जाने वाली कई झीलें जैविक साधनों द्वारा निर्मित होती हैं। ऐसी झीलें वनस्पति, जीव-जन्तु और मनुष्य द्वारा बनायी जाती हैं। ये झीलें अपेक्षाकृत छोटी होती हैं। इन झीलों के निम्न उपभेद हैं :

(1) **वनस्पति द्वारा बनी झीलें**—रसल के अनुसार, यूरेशिया और उत्तरी अमरीका के टुण्ड्रा प्रदेश में आर्कटिक तट के सहारे ऐसी अनेक छिछली झीलें पायी जाती हैं जो लिचन, काई,

1 P. G. Worcester : *A Text Book of Geomorphology*, p. 338

2 नवभारत टाइम्स, 27 जुलाई, 1970।

माँस व अन्य वनस्पति के निक्षेप के कारण बन गयी हैं। उनका मत है कि ये झीलें शनैः-शनैः पिघलने वाले हिम-तटों के सहारे कई वर्षों तक वनस्पति के इकट्ठे होते रहने से स्पष्ट बेसिन तैयार हो जाने से बनती हैं।

(2) **जीव-जन्तुओं द्वारा बनी झीले**—कई जीव-जन्तु भूमि को खोदकर गड्ढे बना देते हैं। इन जीवों में बीवर विशेष उल्लेखनीय है। ये बाँध-निर्माण करने वाले महत्वपूर्ण जीव हैं। संयुक्त राज्य अमरीका के पश्चिमी राज्यों में बीवरों द्वारा बने 200 फुट लम्बे और 5-6 फुट ऊँचे अनेक बाँध देखे जा सकते हैं। एक स्थान पर तो बाँधों की लगवाई हजारों फुट तक नापी गयी है।¹ कई स्थानों पर बीवर झीलों अन्ततः तलछट से भर जाती हैं और दलदल में परिणत हो जाती हैं। इन झीलों से कभी-कभी बड़े पैमाने के कछारी मैदान भी बन जाते हैं।

(3) **मानव द्वारा निर्मित झीले**—मनुष्य भू-पटल के मंच का नवीनतम अभिनेता है। मनुष्य ने अपने बुद्धिबल से स्थल पर बहने वाले जल का सिंचाई व जल-विद्युत आदि में उपयोग करने के लिए अनेक स्थानों पर विशाल बाँधों की रचना की है। ये नदियों के मार्ग में सीमेण्ट, कंकरीट, मिट्टी, पत्थर, इस्पात आदि वस्तुओं से बनाये जाते हैं जो बहुत ही विशाल और दृढ़ होते हैं। **सदरलैण्ड** के अनुसार, ससार में 100 फुट से अधिक ऊँचे 600 से ज्यादा बाँध हैं। 100 फुट से कम ऊँचे तो हजारों बाँध हैं। भारत में तो मिट्टी के बने तालाबों की सख्या हजारों है। ससार में मानव द्वारा निर्मित विशाल ऊँचे बाँधों में मिस्र का असबानी बाँध, संयुक्त राज्य अमरीका में बाउलडर व ग्राण्ड कूलि, आस्ट्रेलिया में हैमिल्टन और भारत में गोविन्दसागर, कृष्ण राजा सागर एवं गाँधीसागर उल्लेखनीय हैं।

झीलों का भविष्य

धरातल के भू-आकारों में झीले अत्यन्त अस्थायी भू-आकार हैं। बड़ी से बड़ी झीले अवरोध समाप्त हो जाने पर लुप्त हो जाती हैं। वस्तुतः भू-पटल पर जहाँ कहीं भी झीले पायी जाती हैं, वे दृश्य-भूमि (landscape) के विकास की एक अवस्था को प्रकट करती हैं। ज्यों-ज्यों दृश्य-भूमि का विकास होता जाता है, झीले लुप्त हो जाती हैं। कई झीले जो पहले विद्यमान थीं अब नहीं रही और जो अभी वर्तमान हैं वे भविष्य में नहीं रहेंगी। झीलों के इस अस्थायी रूप होने के निम्न कारण हैं :

(क) झीलों से निकलने वाली नदियाँ निरन्तर अपने निकास-मार्ग (outlets) को नीचा करती रहती हैं जिससे झीलों की गहराई कम होती जाती है। जब कभी नदी अपने निकास-मार्ग को झील के पेट से भी नीचा काट देती है तो झील नष्ट हो जाती है।

(ख) झीलों के बेसिन अनेक प्रकार से भर जाते हैं। बेसिन के भरने से झील उथली होती जाती है और अन्ततः उसका रूप बिल्कुल नष्ट हो जाता है। झीलों के बेसिन निम्न प्रकार से भर जाते हैं :

1. झीलों में गिरने वाली सभी नदियाँ अपने साथ तलछट बहाकर लाती हैं और झीलों में जमा करती रहती हैं। झीलों में जमा की जाने वाली तलछट की मात्रा अलग-अलग नदियों के साथ भिन्न होती है। ऐसा अनुमान लगाया गया है कि संयुक्त राज्य की मीड झील में कोलोरेडो नदी प्रतिवर्ष 1,37,000 एकड़ फुट अवसाद का निक्षेप करती है। इस हिसाब से झील 225 वर्षों में पूर्णतः भर जायगी। अतः अवसाद के निक्षेप से झीलों का पेट धीरे-धीरे भरता जाता है और अन्त में झीले लुप्त हो जाती हैं।

2. कई झीलों के छिछले तटों पर वनस्पति उग आती है। धीरे-धीरे वनस्पति झीलों में आगे से आगे बढ़ती जाती है और अन्त में पूरी झील उससे ढक जाती है। हिमनदित प्रदेशों में

¹ A. Gieke ; *A Text Book of Geology*, p. 494

हजारों झीलों वनस्पति के कारण दलदलों में बदल गयी है। कई स्थानों पर तो वनस्पति के कारण झीलों का रूप पूर्णतः नष्ट हो चुका है।

3. झीलों की लहरें बराबर उनके तटों को काटती रहती हैं। स्थल का कटा हुआ यह मलबा झील में पहुँचता रहता है जिससे उसकी गहराई निरन्तर घटती रहती है। कई बार समुद्री लहरें जब बालू की भित्तियों को तोड़ देती हैं तो तट पर बनी झीले—लैगून—नष्ट हो जाती है।

4. झीलों में असख्य कवचधारी जीव निवास करते हैं। इन जीवों के मरने पर उनके कवच जल में एकत्रित होते रहते हैं जिससे झीलों की गहराई कम होती जाती है।

5. पर्वतीय एवं पठारी भागों में प्रायः भू-स्खलन, स्थल-सर्पण, हिम-अवधाव आदि की घटनाएँ होती हैं। इन सब घटनाओं से बड़ी मात्रा में मलबा वहाँ की झीलों में पहुँचता रहता है जिससे वे उथली होती जाती हैं।

6. शुष्क प्रदेशों में प्रतिवर्ष बड़ी मात्रा में बालू और धूल हवा द्वारा उड़ा कर झीलों में पहुँचायी जाती रहती है। कुछ झीलों में ज्वालामुखी राख भी पहुँचती रहती है। इनसे धीरे-धीरे झीलें पूर्णतः पट जाती हैं।

7. घाटियों में स्थित झीलों के अन्दर जब हिमानी द्वारा हिमोढ़ का निक्षेप हो जाता है तो झील का पानी बह जाता है और झील नष्ट हो जाती है।

(ग) कई झीलें अवरोध के समाप्त हो जाने पर नष्ट हो जाती हैं। जैसे पहाड़ी भागों में नदियों के मार्ग से अवरोध हटने पर झीलें विलीन हो जाती हैं। इसी प्रकार आगे बढ़ती हुई हिमानी हिमोढ़ के बाँध को हटा सकती है जिससे झील नष्ट हो जाती है।

(घ) कई झीलें जलवायु परिवर्तन के कारण नष्ट हो जाती हैं। कई प्रदेशों में वर्षा की मात्रा घट जाने से झीलें सूख जाती हैं। कई झीलों से नदियाँ नहीं निकलतीं किन्तु वाष्पीकरण अधिक होने से वे सूख जाती हैं।

(ङ) कई झीले भू-गर्भिक हलचलों के कारण नष्ट हो जाती हैं। जब कोई नदी भूकम्प आदि कारणों से अपना मार्ग बदल देती है तो घाटी की झीलें सूख जाती हैं। इसी प्रकार पृथ्वी की हलचलों से जब किसी झील का पेटा ऊपर उठ जाता है तो सम्पूर्ण झील लुप्त हो जाती है।

झीलों का मानव-जीवन पर प्रभाव

मनुष्य के लिए झीलों का बड़ा महत्त्व है। छोटी-बड़ी सभी झीलें मानव-जीवन को कई प्रकार से प्रभावित करती हैं, अतः मनुष्य के लिए झीलों की उपयोगिता को भली भाँति समझा जा सकता है :

(1) धरती पर मनुष्य को जीवित रहने के लिए एक आवश्यक वस्तु जल की प्राप्ति है। घरेलू तथा औद्योगिक सभी कार्यों के लिए मनुष्य को जल की आवश्यकता पड़ती है। जल के अभाव में उसका जीवन एक क्षण भी आगे नहीं बढ़ सकता, अतः मनुष्य को जीवित रहने तथा जीवन को विकसित करने में झीलें आवश्यक सुलभता प्रदान करती हैं। कई शहरों में पीने का पानी इन्हीं से प्राप्त किया जाता है। कई स्थानों पर औद्योगिक कार्यों के लिए भी झीलों से ही जल प्राप्त किया जाता है। इंग्लैण्ड में लंकाशायर और यार्कशायर जैसे औद्योगिक प्रदेशों में जल की पूर्ति लेक डिस्ट्रिक्ट और पिनाइन की पहाड़ी की झीलों से ही की जाती है।

(2) झीलों से जल ही प्राप्त नहीं होता बल्कि मनुष्य के भोजन के लिए सुस्वाद मछलियाँ भी प्राप्त होती हैं। यही नहीं, उसके अन्दर कई ऐसे पौधे भी मिलते हैं जो पशुओं के लिए उत्तम भोजन का काम देते हैं। साथ ही साथ वहाँ ऐसे पदार्थ भी मिलते हैं जो दवाइयों की तरह उपयोग में लाये जा सकते हैं।

(3) परिवहन साधनों में जल-परिवहन सबसे उत्तम और कम खर्चीला माना गया है। विश्व-व्यापार अधिकतर जलमार्गों द्वारा ही सम्पन्न होता है। झीलों भी भीतरी जलमार्ग के रूप में काम आती है। आज उत्तरी अमरीका में जितना माल बड़ी झीलों के द्वारा होकर गुजरता है उतना पनामा नहर के द्वारा भी नहीं गुजरता।

(4) आजकल के औद्योगिक युग में रासायनिक पदार्थों का प्रयोग अनिवार्य ही नहीं अपरिहार्य हो गया है। ये रासायनिक पदार्थ अधिकतर खारी झीलों से प्राप्त होते हैं। मनुष्य के खाने के नमक का साधन भी झीलों ही है। भारत में साँभर झील, अफ्रीका में चाड झील, फिलिस्तीन में मृत सागर और संयुक्त राज्य अमरीका में नमक की झील (Salt Lake) से खाने का नमक तथा अन्य रासायनिक पदार्थ प्राप्त किये जाते हैं।

(5) कम गहरी झीले जब सूख जाती हैं तो अपने पीछे उपजाऊ मैदान छोड़ जाती हैं। कैस्पियन सागर के उत्तर में इसी प्रकार का मैदान बढ़ता जा रहा है। हंगरी की निम्न भूमि तथा संयुक्त राज्य की ग्रेट बेसिन का लगभग 20,00,000 वर्ग मील मैदानी भाग जल के सूख जाने से ही उन्नत कृषि-भूमि में परिणत हुआ है।

(6) पहाड़ी भागों में झीलों में एकत्रित जल से विद्युत उत्पादन का कार्य किया जाता है। पश्चिमी घाट पर स्थित लोनावला झील इसका सुन्दर उदाहरण है। यहाँ से उत्पादित बिजली 30 मील दूर बम्बई को पहुँचायी जाती है।

(7) झीलों में अनेक प्रकार की घासे एवं वनस्पतियाँ पैदा होती हैं जिनसे चटाइयाँ, टोकरियाँ आदि वस्तुएँ बनायी जाती हैं। कश्मीर में डल और वूलर झील से प्राप्त घास को खाद के काम में लाया जाता है।

(8) कभी-कभी झीलों से सिंचाई का काम लिया जाता है। राजस्थान में जल-समुद्र और राज-समुद्र जैसी विशाल झीलों से सिंचाई का पूरा लाभ उठाया जाता है।

(9) बड़ी झीलों अपने आसपास की जलवायु को सम बनाये रखती हैं। झीलों के आसपास की जलवायु न अधिक गरम और न अधिक शीतल, बड़ी ही स्वास्थ्यवर्द्धक रहती है।

(10) जिन नदियों के मार्ग में झीलें पड़ती हैं, उनका बहाव बड़ा सुनिश्चित-सा रहता है। उनमें न कभी बाढ़ ही आ पाती है और न कभी वे सूख पाती हैं। ये दोनों बुराइयाँ झीलों के कारण दूर हो जाती हैं।

(11) झीलों से मनुष्य को आर्थिक लाभ तो होता ही है, परन्तु इससे भी अधिक झीलों मनोरंजन का अपूर्व साधन हैं। संसार की कई झीले अपनी सुरम्यता और नैसर्गिक छटा के लिए प्रसिद्ध हैं। हमारे देश में नैनीताल और मंसूरी, स्विट्जरलैण्ड की जिनेवा और केन्सटेन्स तथा इंग्लैण्ड की विण्डरमियर और ग्राम्समियर अपने प्राकृतिक सौन्दर्य और स्वास्थ्यवर्द्धकता के लिए सदा से ही अद्वितीय रही हैं।

(12) झीलों की भू-दृश्यावली चलचित्रों के निर्माण के लिए बड़ी आकर्षक होती है।

(13) झीले नौका-रोहण के लिए बहुत उपयुक्त होती हैं।

दलदल (Swamps)

सामान्यतः ऐसे बेसिन जो पूर्ण अथवा आंशिक रूप से जल, मिट्टी एवं वनस्पति के मिश्रण से भरे होते हैं, दलदल कहलाते हैं। विभिन्न दलदलों में जल, मिट्टी एवं वनस्पति के अनुपात में बहुत भिन्नता पायी जाती है। यहाँ 'दलदल' शब्द से अर्थ उस सभी पक-भूमि से है जो अपने रूप में बहुत कुछ दलदल के समान ही है। जैसे स्वेल् (Swale), मार्श (Marsh), बोग (Bog), मोराश (Morass) एवं मशकेग (Muskeg) आदि। यद्यपि स्वाम्प और मशकेग में काफी वृक्ष, यहाँ तक कि वन भी सम्मिलित होते हैं; जबकि मार्श, स्वेल् और बोग की वनस्पति घास, मॉस

एवं लिचन के रूप में होती है। दलदल का पानी स्वच्छ, मीठा अथवा खारा हो सकता है। झीलों की भाँति दलदल भी संसार में सर्वत्र फैले हुए पाये जाते हैं। साधारणतः दलदल भूमि नवीन हिमनदित प्रदेशों में अधिक पायी जाती है। आर्द्र प्रदेशों में तटीय मैदानों, बाढ़ के मैदानों और डेल्टा क्षेत्रों में भी ये बहुनता से पायी जाती हैं। शुष्क प्रदेशों में ये कम पायी जाती हैं।

दलदल की रचना विभिन्न प्रकार से होती है। अधिकांश दलदल हिमानी बेसिनो की वनस्पति से ढक जाने से बन गये हैं। पंक भूमि का एक बड़ा समूह तटीय मैदानों के समुद्रवर्ती भाग की ओर पाया जाता है। इनकी रचना समुद्र की तली के कुछ ऊपर उठ जाने अथवा लैगून में तलछट और वनस्पति के भर जाने से होती है। बाढ़ के मैदानों तथा डेल्टाओं में भी दलदलों की भरमार देखी जाती है। यहाँ नदी की त्यागी हुई धाराएँ वनस्पति से भर जाने से दलदल बन जाती हैं। शुष्क प्रदेशों में प्लेया अथवा खारी झीलों के समीप दलदलों की उत्पत्ति हो जाती है, क्योंकि कई प्रकार की वनस्पतियाँ खारे जल में ही उत्पन्न होती हैं। जब झीले जल से पूरी भरी होती है तो वनस्पति जल से ढक जाती है, किन्तु जब झीलों का पानी कम हो जाता है तो वनस्पति बाहर दिखाई देने लगती है।

द्वीप (Islands)

चारों ओर जल से घिरे हुए स्थल-भाग को द्वीप कहते हैं। ये अपने आकार और विस्तार में बहुत ही भिन्न होते हैं। जो अपने आकार और क्षेत्रफल में बहुत ही विणाल होते हैं उन्हें महा-द्वीप कहा जाता है, जैसे आस्ट्रेलिया। संसार में छोटे-छोटे द्वीपों की संख्या ही अधिक है। छोटे द्वीप जो समुद्र-तल से कुछ ही फुट ऊँचे होते हैं, समुद्री लहरों और ज्वार-भाटे द्वारा निरन्तर घिसते रहते हैं। अतः ये धरातल पर स्थल के अल्पकालिक बिन्दु-मात्र हैं। धरातल पर कई बड़े द्वीप भी हैं। उदाहरणतः ग्रीनलैण्ड, जिसका क्षेत्रफल 8,26,000 वर्गमील है। बड़े द्वीप लम्बे समय तक धरातल पर बने रहते हैं। सामान्यतः द्वीपों पर स्थलाकृतियों का अभाव मिलता है किन्तु ब्रिटेन, न्यूजीलैण्ड, मेडागास्कर व जापान जैसे बड़े द्वीपों पर वे सभी स्थलाकृतियाँ—पूर्ण-विकसित पर्वत, पठार और मैदान तथा अन्य गौण भू-आकार—पायी जाती हैं जो महाद्वीपों पर देखी जाती हैं।

द्वीपों का वर्गीकरण

संसार में कई प्रकार के द्वीप मिलते हैं। स्थिति एवं निर्माण के आधार पर इनके कई भेद किये जा सकते हैं :

(क) स्थिति के आधार पर वर्गीकरण

स्थिति के अनुसार द्वीपों के मुख्य तीन भेद किये जा सकते हैं :

(1) महाद्वीपीय द्वीप—जो द्वीप महाद्वीपों के समीप हों और अपनी बनावट में महाद्वीप से मिलते-जुलते हो उन्हें महाद्वीपीय द्वीप कहते हैं। ये प्रायः महाद्वीपीय जलमग्न तट पर स्थित होते हैं और मुख्य स्थल-भाग से उथले समुद्र भाग द्वारा अलग होते हैं। भू-गर्भीय हलचलों द्वारा जब कभी महाद्वीप के तटवर्ती भाग नीचे धँस जाते हैं तो उसके निचले भाग जलमग्न हो जाते हैं और ऊँचे भाग द्वीप में ऊपर उठे रह जाते हैं।

(2) महासागरीय द्वीप—वे द्वीप जो गहरे महासागरों के बीच स्थित होते हैं, महासागरीय द्वीप कहलाते हैं। इन द्वीपों की बनावट और चट्टानों की संरचना का समीपीय स्थल-भाग की बनावट तथा संरचना से कोई सम्बन्ध नहीं होता। ये वस्तुतः समुद्री पेटे के उभरे भाग होते हैं। इनकी रचना समुद्र में जल-तत्त्व में परिवर्तन होने अथवा भू-गर्भीय हलचलों द्वारा समुद्री पेटे के ऊपर उठ जाने से होती है। फिलीपाइन महासागरीय द्वीप इसका अच्छा उदाहरण है।

(3) आभ्यान्तरिक द्वीप—जो द्वीप महाद्वीपों पर झीलों अथवा नदियों के बीच स्थित होते हैं, वे आभ्यान्तरिक द्वीप कहलाते हैं। ऐसे द्वीप बहुत ही छोटे और अस्थायी होते हैं।

(ख) उत्पत्ति के आधार पर द्वीपों का वर्गीकरण

द्वीपों की उत्पत्ति कई प्रकार से होती है। उत्पत्ति के आधार पर द्वीपों के निम्न भेद किये जा सकते हैं :

(1) **विवर्तनिक द्वीप**—पृथ्वी के गर्भ में सदैव हलचल होती रहती है। जब कभी इन हलचलों का वेग बढ़ जाता है तो भू-पटल पर उथल-पुथल हो जाती है। संसार के कई बड़े और असंख्य छोटे द्वीप ऐसी उथल-पुथल का ही परिणाम हैं। भू-गर्भिक हलचलों से कहीं भूमि नीचे धँस जाती है, कहीं समुद्र का नितल ऊपर उठ जाता है, कहीं महाद्वीपों एवं महासागरीय बेसिनों में दरारे पड़ जाते हैं और कहीं महाद्वीपों का भ्रंश टूटकर अलग हो जाता है। फलस्वरूप द्वीपों की रचना हो जाती है। विवर्तनिक हलचलों से बने द्वीपों के निम्न भेद किये जा सकते हैं :

(अ) **स्थल के निम्नज्जन से बने द्वीप**—भू-गर्भिक हलचलों के कारण जब कोई भू-भाग नीचे धँस जाता है तो उससे द्वीप की रचना हो जाती है। ब्रिटिश द्वीप समूहों की उत्पत्ति समीपवर्ती स्थल-भाग के नीचे धँसक जाने से ही हुई है। यूरोप के मुख्य स्थलखण्ड और इन द्वीपों के मध्य का उथला समुद्री भाग पहले यूरोप महाद्वीप का ही अंग था। ऐसा विश्वास है कि उत्तरी अमरीका और आर्कटिक महासागर के मध्य स्थित असंख्य द्वीप वहाँ भूमि के निम्नज्जन के कारण ही बने हैं। ब्रिटिश कोलम्बिया के तट के समीप अनेक द्वीप समीपवर्ती पहाड़ी प्रदेश के धँसक जाने से ही बन गये हैं।

(ब) **समुद्री नितल के उन्मज्जन से बने द्वीप**—कभी-कभी भू-गर्भिक हलचलों से समुद्र का पेंदा ऊपर उठ जाता है जिससे द्वीपों का निर्माण हो जाता है। पश्चिमी द्वीपसमूह में क्यूबा और अन्य कई द्वीप इसी प्रकार बने हैं। प्रशान्त महासागर में अनेक द्वीप वर्तमान समय में 3000 फुट तक ऊपर उठ गये हैं। ऐसी मान्यता है कि अन्ध महासागर में पठार पर स्थित एजोर्स द्वीप मूलतः उन्मज्जन के फलस्वरूप ही बने हैं। यद्यपि मेडागास्कर द्वीप की उत्पत्ति के तीन कारण बताये जाते हैं किन्तु विलिस (Willis) इसे विशाल उत्क्षेपित खण्ड मानता है। इसके पूर्व में 700 मील से अधिक लम्बी प्रपाती भ्रंश कगार है और पश्चिम में अत्यन्त गहरा और ढालू नीचे धँसा हुआ भाग है जो मोजाम्बिक की खाड़ी के नीचे है।

(स) **भू-भ्रंश से बने द्वीप**—भू-गर्भिक हलचलों से कभी-कभी महाद्वीपों के तटवर्ती भाग भ्रंशन के कारण टूटकर अलग हो जाते हैं और द्वीप बन जाते हैं। मेडागास्कर की उत्पत्ति के प्राचीन मत के अनुसार यह द्वीप विशाल भ्रंश घाटी के कारण ही अफ्रीका महाद्वीप से अलग हो गया था।

(द) **महाद्वीपीय प्रवाह से बने द्वीप**—वेगनर के महाद्वीपीय प्रवाह सिद्धान्त के मानने वालों का मत है कि आइसलैण्ड, ग्रीनलैण्ड के पश्चिम में स्थित अनेक द्वीपसमूहों का निर्माण उस समय हुआ जबकि उत्तरी अमरीका अपनी पूर्व-स्थिति से यूरोप के विरुद्ध पश्चिम की ओर प्रभावित हुआ। इस मत के अनुसार मेडागास्कर द्वीप भी किसी समय अफ्रीका और भारत से जुड़ा हुआ था। लेकिन जब दक्षिणी एशिया उत्तर-पूर्व की ओर प्रवाहित हुआ तो यह उससे अलग हो गया।

(2) **निक्षेपमूलक द्वीप**—धरातल पर बहने वाली नदियाँ और हिमनदियाँ अपने साथ बड़ी मात्रा में रेत, मिट्टी, कंकड़, बजरी व गोलाश्म आदि बहाकर लाती हैं। ये अपने मार्ग में इनका निक्षेप करती जाती हैं। बाद में निक्षेपित पदार्थों के ये ढेर जब जल से घिर जाते हैं तो द्वीप बन जाते हैं। इन निक्षेप-मूलक द्वीपों के निम्न भेद हैं :

(अ) **हिमानी निक्षेप से बने द्वीप**—हिमानियाँ अपने प्रवाह मार्ग में यत्र-तत्र मलबे का निक्षेप छोड़ती जाती हैं। इन हिमानी निक्षेप से ड्रमलिन, केम तथा मोरेन आदि भू-आकार बन जाते हैं। संयोग से यदि आसपास का क्षेत्र नीचा हुआ तो वहाँ झील बन जायगी और ड्रमलिन

केम तथा मोरेन के टीले द्वीप के रूप में खड़े रहेंगे। यदि हिमानी निक्षेप का क्षेत्र समुद्रतट के समीप हुआ तो वहाँ समुद्र-जल के बढ़ आने पर हिमानी निक्षेप के द्वीप बन जायेंगे। सामान्यतः ऐसे द्वीप बहुत छोटे होते हैं। ये असंगठित पदार्थों से बने होते हैं जिससे ये शीघ्र ही घर्षण द्वारा नष्ट हो जाते हैं।

(ब) नदी निक्षेप से बने द्वीप—नदियाँ अपनी घाटी में कई स्थलों पर काँप का निक्षेप करती जाती हैं। जब काँप मिट्टी के ढेर जल से आवृत्त हो जाते हैं तो नदीकृत द्वीप बन जाते हैं। ये द्वीप बहुत ही अस्थायी और छोटे होते हैं। नदी के डेल्टा प्रदेश में ऐसे द्वीप अधिक बनते और बिगड़ते रहते हैं।

(स) तरंग निक्षेप द्वारा बने द्वीप—कभी-कभी समुद्रतटों पर समुद्री तरंगों के द्वारा बालू का ऐसा ढेर निक्षेप हो जाता है जो बाद में एक टापू का रूप धारण कर लेता है। किन्तु ऐसे टापू बहुत ही अस्थायी होते हैं।

(3) अपरदन मूलक द्वीप—भू-पटल को प्रवाहित करने वाली शक्तियाँ धरातल की कोमल चट्टानों को कठोर चट्टानों की अपेक्षा शीघ्र घिस देती हैं। फलस्वरूप कोमल चट्टानी भाग घिसकर नीचे हो जाते हैं और कठोर चट्टानी भाग ऊपर खड़े रह जाते हैं। कालान्तर में नीचे भागों में जल भर जाने से ऊँचे भाग द्वीपों का रूप ग्रहण कर लेते हैं। अपरदनमूलक द्वीपों के निम्न भेद हैं :

(i) हिमानी अपरदन से बने द्वीप—हिमानियों की अपरदन क्रिया के फलस्वरूप तटीय भागों में ऐसे द्वीपों की रचना देखी जाती है। अधिनूतन युग में महाद्वीपीय हिमानियों ने कई तटों को घिसकर नीचा कर दिया था। जैसे ग्रीनलैण्ड, नॉर्वे एवं उत्तरी अमरीका का उत्तरी-पूर्वी तट हिमानियों के प्रभाव से काफी घिस गये थे। हिम-युग की समाप्ति पर जब पुनः हिम पिघलने लगा



चित्र 445—प्रशान्त महासागर में स्थित एक ऊँचा ज्वालामुखी द्वीप। साथ ही छोटा प्रवाल द्वीप भी है।

तो समुद्र-तल ऊँचा उठ गया। समुद्र-तल के ऊपर उठने से तटीय क्षेत्र जलमग्न हो गया। तटीय भाग में ऊँची पहाड़ियाँ और कगारें द्वीपों में बदल गयीं। ग्रीनलैण्ड और नॉर्वे के तट पर ऐसे द्वीप अधिक पाये जाते हैं।

(ii) नदी अपरदन से बने द्वीप—नदियों के अपरदन द्वारा मैदानी भाग में अनेक विसर्पण बन जाते हैं। कई बार नदियाँ बाढ़ के समय अथवा पार्श्विक अपरदन के द्वारा इन विसर्पणों के मार्ग को छोड़कर सीधा मार्ग अपना लेती हैं। ऐसी अवस्था में विसर्पण के बीच में घिरा हुआ

स्थल-भाग द्वीप बन जाता है। डेल्टाई क्षेत्रों में जब नदी की वितरक धाराएँ कोई नया मार्ग बनाती हैं तो वहाँ भी ऐसे द्वीप बन जाते हैं।

(iii) समुद्री तरंगों के अपरदन से बने द्वीप—समुद्रतटों के समीप समुद्री तरंगे तटवर्ती चट्टानों को काटकर स्थल के कुछ भाग को मुख्य स्थल से अलग कर देती हैं जिससे वहाँ द्वीप बन जाते हैं। समुद्री तरंगें कई बार अपने तट की कोमल चट्टानों को तो घिस डालती हैं लेकिन कठोर चट्टानें खड़ी रह जाती हैं। इस प्रकार समुद्रतटों पर कठोर चट्टानों के खण्ड द्वीप का रूप ले लेते हैं। तटों के समीप जल में खड़े स्तम्भ (stacks) एक प्रकार के टापू ही हैं।

(4) ज्वालामुखी द्वीप—समुद्र के नितल पर ज्वालामुखी उद्गारों से निकला हुआ लावा, कीचड़, राख आदि पदार्थ जमा होते रहते हैं और कालान्तर में पर्वत बन जाते हैं। जब समुद्र में बने ये ज्वालामुखी समुद्र-तल से ऊपर उठ जाते हैं तो द्वीप बन जाते हैं। ये द्वीप समुद्र नितल से हजारों फुट ऊँचे उठे होते हैं। इस प्रकार ये द्वीप बहुत ही विशाल और स्थायी होते हैं। प्रशान्त महासागरों में ऐसे द्वीपों की भरमार है। जापान, हवाई तथा एल्यूशियन द्वीप इसके उदाहरण हैं।

(5) प्रवाल द्वीप—प्रवाल उष्ण समुद्रों का जीव है। यह समुद्र-तल से चूना ग्रहण कर अपने शरीर से पुनः एक रस निकालकर अपने शरीर के निचले भाग के चारों ओर एक घरीदा-सा बना लेता है। चूने के इस घरीदे में कीड़े बड़े आराम से रहते हैं। कालान्तर में इस घरीदे से अंकुर निकलते हैं जिनमें नये कीड़े उत्पन्न हो जाते हैं। जब मृत कीड़ों के ढाँचे समुद्र की पेंदी पर जमा होते जाते हैं और मृत जीवों का ढेर समुद्र-तल के ऊपर निकल आता है तो वह द्वीप बन जाता है। ऐसे द्वीपों को प्रवाल द्वीप कहा जाता है। लंकाद्वीप, मालद्वीप, बरमूडा द्वीप आदि इसी प्रकार के द्वीप हैं।

BIBLIOGRAPHY

INTRODUCTION

- | | |
|----------------------------------|--|
| S. W. Woolridge and R. S. Morgan | : An Outline of Geomorphology. |
| W. M. Smart | : The Origin of the Earth. |
| B. Levin | : The Origin of the Earth and Planets. |
| H. Jeffreys | : The Earth. |
| G. Gamow | : The Creation of the Universe. |
| T. C. Chamberlin | : Origin of the Earth. |
| W. H. Hobbs | : Earth's Evolution and its Facial Expression. |
| R. A. Lyttleton | : The Modern Universe. |
| G. Gamow | : Biography of Earth. |
| H. N. Russell | : The Solar System and its Origin. |
| F. Hoyal | : The Nature of the Universe. |
| Fletcher and Wolf | : The Earth Science. |
| J. A. Steers | : Unstable Earth. |
| O. Schimdt | : A Theory of the Earth's Origin. |
| R. Carrington | : A Guide to Earth History. |
| A. Bauling | : The Changing Sea Level. |
| R. A. Daly | : The Changing World of the Ice Age. |
| B. Gutenberg | : Internal Constitution of the Earth. |
| J. Joly | : The Surface History of the Earth. |
| J. W. Gregory | : The Making the Earth |
| F. A. V. Meinesz | : Gravity Expeditions at Sea. |
| Gilluly, Waters and Woodford | : Principles of Geology. |
| Bowie | : Isostasy. |
| J. Jeans | : The Universe Around Us. |
| Parker | : Element of Astronomy. |
| Howell | : Introduction to Geophysics. |

ATMOSPHERE

- | | |
|-------------------------------|---|
| G. T. Trewartha | : An Introduction to Weather and Climate. |
| T. A. Blair | : Weather Elements. |
| A. E. M. Geddes | : Meteorology. |
| Byres | : General Meteorology. |
| W. G. Kendrew | : Climatology. |
| A. Miller and Austin | : Climatology. |
| T. A. Blair | : Climatology—General and Regional. |
| C. E. P. Brooks | : Climate Through the Ages. |
| Haurwitz and Austin | : Climatology. |
| Petterssen | : Introduction to Meteorology. |
| Petterssen | : Weather Analysis and Forecasting |
| D. Brunt | : Meteorology. |
| I. R. Tannehill | : Hurricanes, Their Nature and History. |
| O. G. Sutton | : Understanding Weather. |
| C. E. Koppe and G. C. De Long | : Weather and Climate. |
| W. J. Humphreys | : Ways of the Weather. |

W. D. Thornbury	: Principles of Geomorphology.
Von Engeln	: Geomorphology.
W. G. Worcester	: A Text Book of Geomorphology
C. A. Cotton	: Geomorphology.
N. E. A. Hinds	: Geomorphology.
B. W. Spark	: Geomorphology.
Woolridge and Morgan	: An Outline of Geomorphology.
R. D. Salisbury	:
R. S. Tarr and L. Martin	:
C. E. Tolman	: Ground Water.
C. R. Longwell, A. Knopf and R. F. Flint	:
Gilluly, Waters and Woodford	: A Text Book of Geology.
R. F. Flint	: Principles of Geology.
W. B. Wright	: Glacial and Pleistocene Geology
R. A. Bagnold	: The Quaternary Ice Age.
	: The Physics of Blown Sand and Desert Dunes
M. N. Hill	: The Sea-Ideas and Observation, Vol. I.
D. W. Johnson	: Shore Processes and Shoreline Development.
V. Cornish	: Ocean Waves and Kindred Geophysical Phenomena.
A. Rittmann	: Volcanoes and Their Activity.
Guilcher	: Coastal and Submarine Morphology.
C. A. Cotton	: Volcanoes as Landscape Forms.
J. D. Dana	: Characteristics of Volcanoes.
R. A. Daly	: Igneous Rocks and Their Origin.
G. W. Tyrell	: Volcanoes
N. H. Heck	: Earthquakes.
P. Byerly	: Seismology.
R. A. Daly	: Our Mobile Earth.
J. Milne	: Earthquakes and Other Earth Movement
H. Jeffreys	: Earthquakes and Mountains.
J. Joly	: Surface History of the Earth.
J. A. Steers	: Unstable Earth.
B. Gutenberg	: Internal Constitution of the Earth.
Miller	: The Skin of the Earth.
Gregory	: Earthquakes and Volcanoes.
White	: Study of the Earth-Geophysical Science.
Roderick Peattie	: Mountain Geography.
J. Geikie	: Mountains—Their Origin, Growth and Decay.
J. W. Gregory	: Geography—Structural, Physical and Comparative.
J. E. Marr	: The Scientific Study of Scenery.
Finch and Trewartha	: Physical Elements of Geography.
Freeman	: Essentials of Geography.
Defant	: Physical Geography.
Kellaway	: A Background of Physical Geography.
N. K. Horrocks	: Physical Geography and Climatology.